

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

WILLIAM HENRIQUE SILVEIRA

**ESTUDO DA TRABALHABILIDADE DE CONCRETO PARA BLOCOS
DE VEDAÇÃO COM CONSISTÔMETRO DE VEBE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2015

WILLIAM HENRIQUE SILVEIRA

**ESTUDO DA TRABALHABILIDADE DE CONCRETO PARA BLOCOS
DE VEDAÇÃO COM CONSISTÔMETRO DE VEBE**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DA TRABALHABILIDADE DE CONCRETO PARA BLOCOS DE VEDAÇÃO COM CONSISTÔMETRO DE VEBE

por

William Henrique Silveira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17h00min do dia 18 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira
(UTFPR)

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues de
Oliveira**
(UTFPR)

**Prof. Esp. Sergio Roberto Oberhauser
Quintanilha Braga**
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:
Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser minha fonte de inspiração, meu melhor amigo nas horas incertas e um Pai amoroso que me acompanha pelos caminhos da vida, mostrando Sua bondade, me iluminando e me dando forças para alcançar meus objetivos. A Ele toda Honra, toda Glória e todo Louvor.

Aos meus queridos pais, Eliane e Vanderlei, por todo amor, dedicação e confiança que sempre depositaram em mim. Pela educação que vocês me deram e pelo exemplo de honestidade e caráter que vocês são. Sou grato a tudo o que vocês fizeram e ainda fazem por mim e dedico a vocês todas as minhas realizações pessoais. Agradeço também a minha irmã Isabela, dedico a ela este trabalho para que sirva de referencia e demonstração de força de vontade de buscar seus sonhos no futuro. Amo vocês família.

Agradeço a todos os amigos que cultivei nestes cinco anos aqui em Campo Mourão, certamente não vou conseguir citar todos que foram importantes nesta caminhada, mas gostaria de agradecer em especial, aos meus colegas de turma e da faculdade, por compartilharem comigo alegrias e dificuldades, pelos momentos de estudos, onde vocês sempre buscaram me ajudar com paciência e bondade. Recebam o meu sincero agradecimento.

A minha namorada Cintia, agradeço pela paciência e pela ajuda em todos os momentos difíceis que passei para conquistar meus objetivos.

A todos os professores que contribuíram na minha formação acadêmica, em especial, ao meu orientador Professor Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga pela orientação, apoio e confiança na elaboração deste trabalho.

Gostaria de agradecer as empresas da cidade de Campo Mourão – Paraná que se dispuseram a oferecer dados sobre suas formas de fabricação dos blocos de concreto para a conclusão dos meus estudos.

RESUMO

SILVEIRA, William H. **Estudo da trabalhabilidade de concreto para blocos de vedação com consistômetro de Vebe**. 2015. 79f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

A trabalhabilidade do concreto é um termo essencial para alcançar os objetivos de execução na construção civil. Por meio dela que se adequam os diferentes tipos de concreto às necessidades. Para os concretos mais secos, utilizados na produção de blocos de vedação, a trabalhabilidade é um termo pouco investigado, os seus métodos de determinação não são tão difundidos como o ensaio de abatimento (Slump test). Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a trabalhabilidade de concretos para blocos de vedação utilizados em duas empresas de Campo Mourão - Pr, com o utensílio do consistômetro de Vebe modificado, um experimento específico para a determinação da consistência de concretos com sua característica mais seca. Inicialmente foram visitadas as empresas para reunir dados referentes aos traços de suas misturas, aos tipos de máquinas vibrocompressoras utilizadas e dados de produção, e recolhimento das amostras do concreto para a realização experimental com o consistômetro de Vebe modificado. Os resultados do experimento foram usados para adequar uma possível mudança no teor de umidade das empresas, também para tirar conclusões quanto à relação do concreto com a produtividade e o rendimento estabelecido pelas máquinas, e para fazer um comparativo a respeito de suas amostras em cima da trabalhabilidade encontrada. Conclui-se que as empresas estão com misturas inadequadas quanto ao teor de umidade, o qual geram concretos com consistência fora dos parâmetros fornecidos pela ACI 211.3 (1975), com isso, as máquinas vibrocompressoras estão sendo incapacitadas de obter melhores resultados quanto a sua produtividade e rendimento.

Palavras-chave: Trabalhabilidade. Blocos de vedação. Consistência. Máquinas vibrocompressoras.

ABSTRACT

SILVEIRA, William H. **Study of concrete workability for sealing blocks with consistometer of Vebe**. 2015. 79f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

The workability of concrete is an essential term to achieve the performance objectives in construction. Through it, and to suit the different types of concrete needs. For drier concrete used in the production of sealing plates, the workability is a term little investigated, their determination methods are not as widespread as the reduction test (slump test). In this context, the aim of this study is to evaluate the workability of concrete to seal blocks used in two companies of Campo Mourao - Pr, with the utensil consistometer modified Vebe a specific experiment to determine the consistency of concrete with characteristic more dried. Initially companies to gather data for the traces of their mixtures were visited, types of machines used vibrocompressoras and company production data, gathering of concrete samples for the experimental realization with consistometer modified Vebe. The results of the experiment were used to tailor a possible change in moisture content companies, also to draw conclusions as to the concrete relationship with the productivity and the yield established by the machines, and to make a comparison about their samples on the workability found. The conclusion is that companies are mixtures with inadequate as the moisture content, which generate concrete consistently outside the parameters provided by ACI 211.3 (1975), with this, the vibrocompressoras machines being unable to get the best results for your productivity and income.

Keywords: Workability. Sealing blocks. Consistency. Vibrocompressoras machines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Aplicação de concreto seco em blocos, tubos e pavimentos intertravados	13
Figura 2 - Concreto seco	17
Figura 3 - Equipamentos empregados para concreto seco	18
Figura 4 - Concreto coeso e não coeso	21
Figura 5 - Observação de instabilidade da mistura (Segregação) pelo ensaio de espalhamento do tronco de cone	22
Figura 6 - Aparelho para determinação do teor de ar no concreto	23
Figura 7 - Cimento CP V - ARI	30
Figura 8 - BAUTECH Superplastificante	33
Figura 9 - Faixa granulométrica recomendada para produção de blocos de concreto	36
Figura 10 - Curva granulométrica de referencia em função do tipo de bloco a ser produzido: a) bloco de densidade normal b) bloco leve c) bloco leve de textura lisa e bloco de densidade mediana.....	37
Figura 11 – Blocos de concreto.....	38
Figura 12 - Sequência de produção dos blocos de concreto nos equipamentos de vibrocompressão	45
Figura 13 - Aparelho para medir consistência de concretos de mistura seca – Consistômetro de Vebe	47
Figura 14 - Consistômetro de Vebe modificado	49
Figura 15 – Sobrepeso com 22,7 Kg	52
Figura 16 – Agregados utilizados na mistura das empresas	57
Figura 17 – Aditivo empresa A	59
Figura 18 – Aditivo empresa B	59
Figura 19 - Máquina vibroprensa MBP – 4	61
Figura 20 – Máquina vibroprensa empresa A.....	62
Figura 21 – Vibroprensa VFPV 500	62
Figura 22 – Vibroprensa empresa B.....	63
Figura 23 - Misturador de concreto empresa B	65
Figura 24 – Procedimento Consistômetro de Vebe Modificado.....	65
Figura 25 - Pá e colher de mão	66

Figura 26 – Textura superficial bloco vedação empresa A.....	72
Figura 27 - Textura superficial bloco vedação empresa B	72

TABELAS

Tabela 1 – Classificação Consistência CEB - 1978	26
Tabela 2 – Classificação Consistência NP EN 12350	27
Tabela 3 – Classificação Consistência ACI 221.3 - 1975.....	28
Tabela 4 – Classificação Consistência segundo A. S. Coutinho - 1998	29
Tabela 5 – Classificação Consistência para Consistômetro de Vebe NP EN 12350 - 3	48
Tabela 6 – Descrição da Consistência pelo Consistômetro de Vebe segundo ACI - 1975	52
Tabela 7 – Traço de massa das Empresas	58
Tabela 8 – Teor de umidade das empresas	60
Tabela 9 – Resultado do Consistômetro de Vebe para as Empresas	69
Tabela 10 – Teor de umidade após adição de água nos traços das empresas	71

LISTAS DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEB	Comitê Europeu do Betão
CCR	Concreto Compactado com Rolo
CPV-ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
ISO	International Organization for Standardization
MBP	Máquina de Blocos e Pavimentos
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
VFVPP	Vibra Forte Vibro Prensa Pneumática

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 CONCRETO SECO	17
2.2 TRABALHABILIDADE DO CONCRETO	20
2.2.1 Coesão	20
2.2.2 Segregação e exsudação	21
2.2.3 Ar incorporado	22
2.2.4 Classificação de Consistência do Concreto	24
2.2.4.1 CEB - 1978	25
2.2.4.2 NP EN 12350 – Ensaio para betão fresco	26
2.2.4.3 ACI 211.3 – 75	27
2.2.4.4 Consistência segundo A. S. Coutinho (1998)	28
2.3 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	29
2.3.1 Cimento	29
2.3.2 Água	30
2.3.3 Agregados	31
2.3.4 Aditivos	32
2.3.4.1 Superplastificantes	32
2.3.4.2 Incorporador de ar	33
2.4 DOSAGEM DO CONCRETO SECO	34
2.4.1 Método ABCP	35
2.4.2 Método Columbia	36
2.4.3 Método Besser Company	37
2.5 BLOCOS DE CONCRETO	38
2.5.1 Introdução	38
2.5.2 Materiais e fabricação	39
2.5.3 Exigências de conformidade dos blocos de concreto	41

2.6 MÁQUINAS VIBROCOMPRESSORAS.....	42
2.6.1 Introdução	42
2.6.2 Processo de vibração das máquinas vibrocompressoras.....	42
2.6.3 Método de funcionamento das máquinas vibrocompressoras.....	43
2.7 CONSISTÔMETRO DE VEBE	45
2.7.1 Parâmetros de aplicação do consistômetro de Vebe	45
2.7.2 Consistômetro de Vebe convencional	47
2.7.2.1 Procedimento de uso.....	47
2.7.2.2 Resultado do ensaio.....	48
2.7.3 Consistômetro de Vebe modificado, ASTM C1170 – 91	49
2.7.3.1 Aparelho Vebe modificado	49
2.7.3.2 Amostragem e normas de calibração	50
2.7.3.3 Resumo do método de teste	51
2.7.3.4 Método de ensaio A.....	51
2.7.3.5 Resultados do ensaio	52
3 METODOLOGIA	54
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	54
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	55
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4.1 DOSAGENS DAS EMPRESAS	57
4.1.1 Traço de massa.....	57
4.1.2 Aditivos Utilizados	58
4.1.3 Teor de Umidade.....	60
4.2 APRESENTAÇÃO DAS MÁQUINAS VIBROCOMPRESSORAS E SUAS RESPECTIVAS PRODUÇÕES	60
4.2.1 Empresa A.....	60
4.2.2 Empresa B.....	62
4.3 REALIZAÇÕES DOS EXPERIMENTOS COM CONSISTÔMETRO DE VEBE...	64
4.3.1 Amostras de concretos para realização dos ensaios	64
4.3.2 Procedimento do experimento com Consistômetro de Vebe Modificado	65
4.3.2.1 Determinação da Consistência.....	66
4.3.2.2 Determinação da Densidade do concreto recém-consolidado	67
4.3.3 Resultado dos ensaios	68
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	70

4.4.1 Análise da textura superficial.....	71
5 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade são bem difundidos no mercado técnicas para execução e utilização de concreto seco, os vibrocompressores tornaram esse tipo de concreto uma possível maneira de capacitar as necessidades da construção civil perante aos blocos de concreto. O concreto seco também é aplicado na construção de tubos, em pavimentação tradicional e pavimentos intertravados, e em blocos de concreto de alvenaria, sendo estrutural ou não, sendo ilustrados exemplos na figura 1.



Figura 1- Aplicação de concreto seco em blocos, tubos e pavimentos intertravados
Fonte: Copel pré-moldados em concreto.

Essa tecnologia é viável pelo fato de ser utilizado um teor de umidade muito baixo, sendo compactado através do uso de máquinas vibrocompressoras. As máquinas minimizam a porosidade da mistura, incrementam a resistência mecânica e diminui a permeabilidade do produto final, razão essencial para o desempenho e durabilidade das peças (Marchioni, 2012).

O concreto seco não segue as mesmas regras utilizadas para o concreto plástico, por isso os resultados na qualidade das peças, dependem essencialmente da eficiência, regulagem e o porte do equipamento vibrocompressor. Para que as máquinas não excedam em esforços desnecessários e atrapalhem seu rendimento, o concreto deve ser bem dosado, estudado e trabalhado, o uso dos agregados e o teor de umidade são princípios fundamentais para seus resultados.

No entanto, as empresas nem sempre são qualificadas ao conhecimento da dosagem correta para o concreto, na maioria das vezes, critérios práticos de

análise são voltados somente para seu estado endurecido, o que enfraquece os ganhos e pode não ser suficiente para um bom rendimento final da produção. A segurança de um conhecimento da mistura fresca torna a fabricação das peças um nível acima dos lucros obtidos.

Para diversas situações de concretagem, a trabalhabilidade deve-se adequar conforme as necessidades, o produto final terá melhor desempenho quando a trabalhabilidade for alcançada. Segundo o ACI 116R-90, a trabalhabilidade é uma propriedade do concreto recém-misturado que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual o material pode ser lançado, misturado, adensado e acabado.

Muitas vezes, o que fica implícito, é que aumentando o volume de água na mistura a trabalhabilidade também aumenta, porém nem sempre isso é correto, a quantidade de água para os concretos secos na produção de blocos devem ser máxima, desde que não afete a desforma pelo excesso de aderência no molde ou prejudique seu estado final quanto a trincas e desprendimento da mistura por excesso de água. As proporções de agregados graúdos e miúdos, cimento, água e aditivos em medidas corretas, são estes os fatores que trarão o melhor nível de trabalhabilidade. O conhecimento das características de cada um desses componentes deve ser bem elaborada e estudada.

A qualidade do concreto fresco é um dos fatores principais para um bom resultado dos blocos acabados, sendo um dos antecipadores de problemas futuros, como falhas na resistência, excesso de permeabilidade, problemas de compactação, entre outros. Os ensaios, para determinação da consistência do concreto, são necessários para verificar e obter por meio de resultados, a capacidade ótima do produto utilizado.

As empresas produtoras de blocos se limitam em estudos para compressão simples, permeabilidade e análise dimensional, testes feitos para o bloco pronto, não se preocupam com o estudo mais aprofundado da trabalhabilidade que tem impacto direto na produtividade. O trabalho tem finalidade de verificar por meio de ensaios e resultados práticos, com a utilização do consistômetro de Vebe, a possível mudança no teor de umidade, devido seus resultados referentes à compactação das amostras por meio de

compressão junto com vibração da mesa do experimento, demonstrando uma grande semelhança do ensaio com a forma em que as vibroprensas trabalham.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a trabalhabilidade de concretos para blocos de vedação utilizados na região, com o utensílio do consistômetro de Vebe.

1.1.2 Objetivos Específicos

Verificar a adequabilidade do emprego do consistômetro de Vebe na avaliação da trabalhabilidade de concretos secos utilizados na fabricação de blocos para vedação.

Realizar uma revisão bibliográfica da utilização do consistômetro de Vebe na avaliação da trabalhabilidade de concreto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Para os blocos de vedação, onde são utilizados concretos de consistência seca, os ensaios de consistência são fundamentais para caracterizar os aspectos do concreto quanto a sua adequabilidade no processo de fabricação com as máquinas vibrocompressoras.

As vibrocompressoras são responsáveis pela fabricação dos blocos, com isso é essencial que se tenha um conhecimento do material que esta

sendo lançado nas máquinas, pois quando utilizados de forma imprecisa pode danificar e comprometer os resultados das empresas. Os blocos de vedação tem em suas particularidades, a responsabilidade de tapar e vedar espaços, com isso sua principal dificuldade é a porosidade, e não a função de proporcionar resistência como os blocos estruturais. Assim o experimento com consistômetro de Vebe pode constatar características quanto à compactação que afeta a porosidade dos blocos, sendo influenciada pelos resultados referentes à consistência da amostra do concreto ensaiado.

O principal insumo da indústria de blocos de alvenaria para vedação é o concreto, a consistência do concreto impacta diretamente na qualidade do produto final e no ciclo de produção.

A produtividade tem ligação com a consistência via tempo de vibração que se não corretamente investigado pode conduzir a um baixo rendimento diário com reflexos no custo final do produto.

O experimento com consistômetro de Vebe indiretamente impacta na produtividade e no rendimento das empresas, pois com seus resultados é possível conferir e conceder a melhor mistura de concreto para a fabricação das peças. Outro fator é em função da trabalhabilidade, esta é diretamente ligada com o tempo e energia dispendida para a conformação dos blocos, uma vez que adequada a trabalhabilidade do concreto, os gastos em função da necessidade de energia podem ser minimizados e as máquinas vibroprensas elevam sua produção, e conseqüentemente a sua vida útil.

Os blocos de vedação são produzidos em função da mistura de concreto. O concreto é constituído de elementos retirados da natureza, por sua vez, são considerados recursos minerais não renováveis, por isso, a eficiência das peças quando alcançadas corretamente, amenizam os resíduos e gastos desnecessários.

O seguinte estudo da trabalhabilidade de concretos para blocos de vedação com consistômetro de Vebe apresenta resultados experimentais sobre o concreto seco utilizados na produção de duas empresas da região. Essa trabalhabilidade é descrita pela norma americana ACI 211.3 (1997) e a sequencia do experimento consistômetro de Vebe foi referenciado pela ASTM C1170.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCRETO SECO

O nome “concreto seco” foi assim denominado pela sua característica e tipo de consistência, onde sua mistura é levemente umedecida, fazendo com que sua aparência seja parecida com uma “farofa”, como mostra a figura 2.



Figura 2 - Concreto seco

Fonte: A importância da combinação granulométrica para blocos de concreto – Intercement Brasil.

Esse tipo de concreto se diferencia dos concretos plásticos, pelo seu tipo de coesão entre as partículas, sendo esta necessária e suficiente para que instantaneamente após a sua moldagem a peça de concreto fique inteira desde a retirada da forma até a sua cura. Para alcançar essa coesão é necessária uma seleção correta dos materiais, onde os agregados miúdos tem a função de formar uma argamassa que ocupe os vazios criados pelos agregados graúdos oriundos da areia e do pó de pedra (FERNANDES, 2008).

Por sua consistência ser muito alta, isso faz com que seu abatimento seja zero, conhecido como concreto “No - Slump”, por isso é necessário o uso de equipamentos especiais para retirar o ar aprisionado ao meio da mistura. Esses equipamentos são difundidos no mundo de diferentes formas, como as máquinas de projeção a rotor, destinados a concretos lançados “via seca” para

construções de túneis e barragens, os rolos compactadores para concreto compactado por rolo (CCR), para estradas e pavimento, e as máquinas vibrocompressores, que produzem blocos de concreto, pavers e outros artefatos, estas máquinas estão representadas na figura 3.



Figura 3 - Equipamentos empregados para concreto seco

Fonte: A) Prolazer, obra Aspen Mountain, Gramado - RS.

B) Rodnei Corsini, "Concreto compactado com rolo", Ed. Pini, Edição 7 – Outubro/2011.

C) Chinablockmachine.

No concreto seco, o nível de umidade é muito baixo, onde a função principal da água é essencialmente participar das reações de hidratação do cimento (JUVAS, 1993). Em sua formulação a relação água/cimento não é relevante e sim o seu teor de umidade, variando de 5% a 8% da massa total, influenciando nessa diferença o equipamento utilizado para fabricação das peças (FERNANDES, 2008).

A presença de ar no concreto é muito mais elevada para concretos secos quando comparados com os plásticos (TANGO, 1994). Os concretos plásticos seguem a "Lei de Abrams" onde a resistência do concreto tem proporções significativas quando relacionado com o fator água/cimento, já no seco essas proporções não são válidas e atingem níveis contrários, onde uma maior quantidade de água, dentro de certos limites, resultará em uma resistência mais elevada. Isso acontece, pelo fato da trabalhabilidade ser melhorada quando a um aumento da quantidade de água, no qual o atrito interno diminui e facilita a compactação do concreto (OLIVEIRA, 2004).

Como dito anteriormente, o concreto seco possui grandes vazios entre os agregados, para ser feita sua retirada são utilizados vibrocompressores

(TANGO, 1994). Com isso, os vibrocompressores devem ser adequados para obter resultados desejados de resistência (FRASSON, 2000).

O consumo de cimento para concretos secos alcançam maiores níveis, entorno de 350 - 400 kg/m³ e um baixo teor de partículas finas, comparando-o com o concreto plástico (HUSKEN, 2007). A quantidade de cimento tem ligação com a qualidade de compactação do equipamento, quanto maior sua eficiência menor será o teor necessário de cimento, isso para mesmos materiais e dosagem.

No concreto seco em sua parte fresca, a trabalhabilidade e a coesão são as características mais importantes. A definição de trabalhabilidade é a propriedade que define um esforço mínimo necessário para mover uma quantidade de concreto, com perda insignificante da homogeneidade, do empacotamento das partículas, do formato e da textura dos agregados (DOWNSON, 1980).

A coesão esta relacionada à segregação, exsudação e a resistência (MEHTA, MONTEIRO, 2008). Para os concretos secos a tendência da coesão é ser inferior pelo fato da água não conseguir umedecer totalmente as partículas de cimento. A falta de coesão faz com que ocorra segregação dos agregados durante o manuseio e também quebre a peça. A mistura consegue ser melhorada quando é aumentada a quantidade de finos da mistura, onde o cimento é o maior responsável. Os aditivos também são utilizados para se obter melhores níveis de coesão da mistura (DOWNSON, 1981).

No concreto seco em sua forma endurecida, a durabilidade e a resistência mecânica são suas principais características. O tipo de cimento e o consumo adequado para a pasta resultam em melhores condições de resistência, e o processo de cura correto também é essencial para obter melhores resultados. A durabilidade do concreto esta ligada com o nível em que se pode resistir quanto aos ataques químicos. Esta característica vem da qualidade e quantidade dos poros do concreto, onde dependem também da compactação da mistura e do teor de umidade (DOWNSON, 1981).

2.2 TRABALHABILIDADE DO CONCRETO

Trabalhabilidade: é a propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto recém-misturado com uma perda mínima de homogeneidade (MEHTA, 1994).

A trabalhabilidade do concreto está relacionada diretamente com sua consistência, sendo esse, um dos principais influenciadores para variação de excelente a pouca trabalhabilidade. A consistência do concreto é alterada quando se altera suas características, ou seja, modificando a quantidade de água lançada na mistura ou adicionando aditivos, o que resulta em variedade na deformação quando são solicitados os esforços na estrutura.

2.2.1 Coesão

A coesão do concreto é uma propriedade muito ligada a trabalhabilidade. No estado fresco, a falta de coesão pode acarretar a desagregação da mistura, alterando assim sua homogeneidade. Nas fases da utilização, sendo na produção, no transporte, no lançamento ou mesmo no seu adensamento durante a concretagem da estrutura o concreto deve-se manter coeso, ou seja, que não haja separação dos materiais.

A proporção de partículas finas na mistura tem total ligação com a coesão. Nas misturas com baixo teor de cimento, a curva granulométrica terá ênfase na extremidade fina da ligação. Se necessário, misturas com diferentes proporções de agregados graúdos e miúdos são usados para testar, até se encontrar aquela com coesão adequada.

O ensaio para testar a coesão da mistura de concreto ainda não é normalizado, ele é feito de uma forma prática, como bater a haste do ensaio de abatimento na lateral da amostra, como mostrado na figura 4. Os resultados

são empíricos, mas já dão um breve conhecimento sobre a coesão do concreto testado.



Figura 4 - Concreto coeso e não coeso

Fonte: Helene e Terzian, "Manual de Dosagem e Controle do concreto", Ed. Pini, 1993.

2.2.2 Segregação e exsudação

A segregação, nada mais é que a perda de uniformidade do concreto fresco devido à separação dos componentes existentes. Existem dois principais tipos de segregação, para concretos pobres e secos, onde a separação ocorre pelo excesso de energia ou vibração excessiva, consequentemente separando os grãos graúdos dos miúdos e a exsudação, comum nas misturas mais plásticas.

Na exsudação, a água da mistura tende a se elevar a superfície do concreto recentemente lançando. Isso acontece pela impossibilidade dos constituintes sólidos fixarem toda a água da mistura e fica dependente das propriedades do cimento.

Os principais problemas da exsudação é o enfraquecimento da aderência pasta-agregado, aumento da permeabilidade do concreto e quando a água é impedida de evaporar, pela camada que é superposta, resultará naquela faixa uma camada fraca e porosa, de pouca durabilidade.

A segregação e a exsudação são controladas ou eliminadas, quando é utilizado uma boa verificação e estudos da dosagem, dos métodos de lançamento e de adensamento do concreto.

Na segregação, também não são utilizados ensaios normalizados, para evitar este problema, a observação da coesão no estado fresco ou endurecido e a extração de testemunhos do concreto endurecido, são de grande eficácia para se evitar as malícias deste fenômeno. Para a exsudação, há um ensaio normalizado pela ASTM realizado em laboratório, onde é lançado o concreto fresco em um local com 250 mm de diâmetro e 280 mm de altura. Em seguida é retirada com tempos determinados a água exsudada, assim determinada pela relação da água retirada da superfície e quantidade total da amostra. A figura 5 demonstra a segregação do concreto pelo ensaio de espalhamento do tronco de cone.



Figura 5 - Observação de instabilidade da mistura (Segregação) pelo ensaio de espalhamento do tronco de cone
Fonte: Revista Techne - edição 135 (junho/2008).

2.2.3 Ar incorporado

Os vazios preenchidos por ar dentro do concreto, são encontrados através de bolhas de ar incorporado (Com diâmetros entre 100 μ m e 1 mm) ou de vazios de ar aprisionado (Com diâmetros entre 1 mm e 10 mm).

As causas dos vazios de ar aprisionado, geralmente são causadas por deficiências nas dosagens e pela escolha do material, no qual compromete os resultados finais da qualidade do concreto, afetando a resistência à compressão e o módulo de elasticidade. Outro fator que acaba sendo prejudicial por esses vazios são as macro bolhas superficiais, para os concretos aparentes essas bolhas são totalmente indesejáveis.

Para as bolhas de ar incorporado, existem duas origens, a primeira é natural, ocorre pela incorporação de pequenas quantidades de ar, disseminada pela massa do concreto. A segunda acontece pela adição de aditivos incorporadores de ar ao concreto.

Esses aditivos incorporadores são para casos especiais, como redução dos vazios de ar aprisionado, melhorar a trabalhabilidade do concreto, reduzir a quantidade de cimento necessário e aumentar a eficiência do concreto quanto à ação de gelo e degelo. Mantendo os limites aceitáveis, incorporando em até 6% com o uso de aditivos, para cada 1% da incorporação de ar, pode-se reduzir em 3% a quantidade de água e 1% da quantidade de areia, resultando em um concreto com melhores níveis de compressão simples do concreto.

O ensaio usual no Brasil para obter o valor de ar aprisionado ou incorporado no concreto é fornecido pela NBR 11686/1990 – Concreto Fresco – Determinação do Teor de Ar pelo Método Pressométrico.



Figura 6 - Aparelho para determinação do teor de ar no concreto

Fonte: Comunidade da Construção.

Na figura 6, apresenta-se o equipamento utilizado para a determinação de ar no concreto, sendo um recipiente totalmente fechado, onde é introduzido o concreto em seu estado fresco. Pelos seus orifícios, a água é colocada para que todo o ar existente na massa de concreto seja expelido. Na saída do ar, os manômetros marcam a quantidade liberada, mostrando o teor de ar envolvido no concreto.

2.2.4 Classificação de Consistência do Concreto

Para o concreto fresco o termo consistência é uma propriedade relacionada com a fluidez da mistura, sendo a composição e a granulometria dos agregados, e a quantidade de água os principais elementos para a variação de consistência. A trabalhabilidade do concreto tem total relação com a consistência, pois quando adequado facilita o manuseio na hora da execução e lançamento do concreto.

Segundo a ACI 211.1 (1991) a consistência é “a relativa mobilidade ou facilidade do concreto de fluir durante o lançamento”. Neville (1997) definiu consistência como a força resistível do concreto fresco em mudar sua forma, ou a facilidade do concreto fresco de correr. A consistência pode demonstrar as propriedades intrínsecas da mistura de concreto fresco, em conformidade com a mobilidade da massa e a coesão dos compostos agregados com o cimento e a água, considerando sempre uma boa resistência e ótimo desempenho na execução do concreto (TORRES; ROSMAN, 1956).

A consistência do concreto fresco possui um parâmetro para sua determinação, sendo ele a relação da massa de água com a massa da mistura de cimento e agregados, expressa em porcentagem (NEVILLE, 1997; SOBRAL, 1998). Esta relação é influenciada pelo tipo e formas dos agregados graúdos, pela superfície específica dos agregados miúdos, pelo cimento utilizado, pelo volume de pasta na argamassa, pela relação do agregado graúdo com o volume de argamassa e pela duração do amassamento do concreto. A quantidade de argamassa e sua consistência, referentes à espessura da pasta que abrange os agregados, são fundamentais para a consistência do concreto (LEGRAND, 1975).

O ensaio de abatimento (Slump Test) geralmente é o mais utilizado para medir a consistência de uma mistura, pois seu método referenciado pela NBR NM 67 - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone - é simples e de fácil manuseio, onde uma fôrma de tronco-cônica, com altura de 30 cm é preenchido com o concreto e quando retirada essa fôrma acontece um

abatimento da amostra, cujo essa medida é usada para comparação da consistência.

No entanto a consistência do concreto pode ser variada quanto sua fluidez conforme o nível de água na mistura e os elementos empregados no traço do concreto. Quando o concreto se torna muito fluido o “Slump Test” não é mais eficaz, pois a amostra de concreto perde a forma do molde e não é mais acessível o valor de adensamento. Para misturas mais fluidas é utilizado o ensaio de espalhamento do cone do “Slump Test”, conhecido como “Slump flow test”, normalizado pela NBR 15823, ou pelo ensaio de abatimento na mesa de Graff, referente à NM 68/1998. Quando o teor de umidade é muito baixo e o concreto aparenta ser muito seco são usados ensaios com emprego de vibração mais potente, sendo mais comum o utensílio do consistômetro de Vebe, desenvolvido por V. Bahrner na Suécia, referido pela ACI 211.3 – 75 e pela ASTM C1170. Como o seguinte trabalho se caracteriza por concretos de consistência mais seca, será aprofundado o estudo sobre o aparelho Vebe e seguidamente será descrito seu uso e aplicação, nos próximos capítulos.

Quanto à descrição de consistência, alguns autores apresentaram parâmetros a respeito do nível de trabalhabilidade. Conforme a descrição da consistência pode ser utilizado parâmetros para adensamento e compactação do concreto. Nos próximos tópicos será apresentada nas tabelas a descrição de consistência por estas normas. Para a descrição das consistências, o seguinte trabalho se caracteriza por extremamente seco ou terra úmida, com isso, a temática dos próximos tópicos será voltada para tal característica.

2.2.4.1 CEB - 1978

A tabela 1 apresenta a classificação de consistência referente ao CEB (Comitê Europeu do Betão), 1978. A sua classificação apresenta apenas quatro tipos de consistência. Para o aparelho Vebe, com consistência descrita como terra úmida, o tempo necessário correlacionado é maior que 5 segundos e para

esse tipo de concreto não é usado o “Slump Test” por não apresentar nenhum abatimento.

Tabela 1 – Classificação Consistência CEB - 1978

CONSISTENCIA	ABATIMENTO SLUMP (cm)	TEMPO VEBE (seg.)
TERRA ÚMIDA (EXTREMAMENTE SECO)	---	Maior que 5
PLÁSTICA	1 a 5	Menor que 5
MOLE (MUITO PLÁSTICA)	5 a 16	---
FLUÍDA	Maior que 16	---

Fonte: Adaptado de Comitê Europeu do Betão (1978).

2.2.4.2 NP EN 12350 – Ensaio para betão fresco

A norma portuguesa NP EN 12350 apresenta a consistência do concreto por classes e para cada ensaio a classe demonstra um respectivo tipo de adensamento do concreto, conforme o valor da classe o concreto é usado para meios e utilização específica. No caso do ensaio Vebe é considerado a classe V0 para concreto extremamente seco, voltado para peças pré-fabricadas, que necessitam para seu adensamento vibração e compressão. Na tabela 2 é apresentada a classificação de consistência segundo a NP EN 12350.

Tabela 2 – Classificação Consistência NP EN 12350

CLASSE DE ABATIMENTO	ABAIXAMENTO (mm)	CLASSE VEBE	TEMPO VEBE (seg)	CLASSE DE ESPALHAMENTO	DIÂMETRO DE ESPALHAMENTO (mm)
S1	10 a 40	V0	>31	F1	<340
S2	50 a 90	V1	30 a 21	F2	350 a 410
S3	100 a 150	V2	20 a 11	F3	420 a 280
S4	160 a 210	V3	10 a 5	F4/F5	490 a 600 (550) 560 a 620
S5	>210	V4	<4	F6	>630

Fonte: Adaptado de ISO 4103.

2.2.4.3 ACI 211.3 – 75

Na tabela apresentada pelo Instituto Americano do Concreto ACI 211.3 - 75 - Prática Recomendada para a Seleção e Proporções De Concreto No – Slump, a descrição de consistência é dividida em seis tópicos, partindo de consistência fluida até extremamente seco. Para o ensaio Vebe a descrição de concreto para um tempo entre 18 a 32 segundos é de extremamente seco, sendo utilizados métodos de compactação por vibração forte e compressão para concretos com esta característica. A tabela 3 descreve a classificação de consistência da norma ACI 211.3 – 1975.

Tabela 3 – Classificação Consistência ACI 221.3 - 1975

Descrição da Consistência	Slump Test (cm)	Tempo Vebe (s)
Extremamente Seco	---	32 a 18
Muito Seco	---	18 a 10
Seco	0 a 1	10 a 5
Seco para Plástico	1 a 3	5 a 3
Plástico	3 a 5	3 a 0
Fluído	5 a 7	---

Fonte: Adaptado de Instituto Americano do Concreto 211.3.

2.2.4.4 Consistência segundo A. S. Coutinho (1998)

O autor A. S. Coutinho descreveu em sua publicação - Fabrico e propriedades do concreto – Vol 2, de 1998 - a variação da consistência para diferentes tipos de concreto, utilizando métodos de ensaio para caracterizar a trabalhabilidade da mistura. Para diferentes tipos de consistência, ele apresenta os métodos de compactação que se podem empregar no concreto. Com relação à produção de blocos de concreto com consistência tipo terra úmida, Coutinho mostra que o tempo Vebe deve ser maior que trinta segundos. A tabela 4 apresenta a classificação de consistência segundo Coutinho em função do tempo Vebe e o abatimento do tronco de cone, onde correlacionam métodos de compactação que se podem empregar para diferentes tipos de consistência.

Tabela 4 – Classificação Consistência segundo A. S. Coutinho - 1998

Consistência	Métodos de compactação que se podem empregar	Graus Vebe (seg.)	Slump Test (cm)
Terra Úmida	Vibração potente e compressão (pré – fabricação)	>30	---
Seca	Vibração potente (pré – fabricação)	30 a 10	---
Plástica	Vibração normal	10 a 2	0 a 4
Mole	Apiloamento	---	4 a 15
Fluída	Espalhamento e compactação pelo próprio peso	---	>15

Fonte: A. de Souza Coutinho, **FABRICO E PROPRIEDADES DO CONCRETO; Vol 2; 1998.**

2.3 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Para a fabricação dos blocos de concreto, os constituintes necessários são iguais os de concreto convencional: cimento, agregados e água. O concreto seco, só é diferenciado pelo seu teor de umidade, o que torna a mistura menos coesa.

2.3.1 Cimento

O cimento Portland, para a produção de blocos, geralmente é o mais utilizado, pois assegura a necessidade de velocidade para a fabricação. O cimento mais adequado é conhecido como cimento Portland CP V ARI – (Alta Resistencia Inicial – NBR 5733), conforme a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) ele é recomendado, pois oferece uma resistência inicial

elevada e desforma rápida, chegando a média de resistência a compressão de 26 Mpa a um dia de idade e de 53 Mpa aos vinte e oito dias conforme a norma. Estas resistências são alcançadas pela diferente formação do cimento CP V, onde a dosagem diferente de calcário e argila para a produção do clínquer, e a moagem mais miúda do cimento, fazem com que a reação da água com o cimento alcance as elevadas resistências em pouco tempo. A figura 7 apresenta o cimento Portland CP V – ARI.



Figura 7 - Cimento CP V - ARI
Fonte: Cimento Itambé.

2.3.2 Água

A água tem uma função de alto valor para a mistura de concreto seco, participando da reação de hidratação do cimento, deve ser sempre assegurado a sua qualidade para não afetar aos resultados finais na resistência dos blocos após a cura. A recomendação por norma é a utilização somente de água potável, não contendo substâncias inorgânicas em excesso e nem matérias orgânicas (NEVILLE, 1997).

2.3.3 Agregados

Na maioria das vezes são utilizados agregados minerais para concreto seco, os quais são envolvidos por pedregulho, areia e pedra britada derivada de jazidas naturais. No volume final de concreto, a quantidade de agregados abrange de 60% a 80% (MEHTA, MONTEIRO, 2008).

A ABNT NBR 7211 (2005) classifica os agregados como graúdos, quando seus grãos ficam retidos na peneira de abertura de malha 4,75 mm e passam na de 75 mm, os agregados miúdos são aqueles retidos na peneira de abertura de malha de 150 μ m e passam na abertura de 4,75 mm.

Algumas características específicas dos agregados acarretam uma grande influencia na solução final do concreto seco. O teor de umidade e seu nível para retenção líquida altera a proporção de água total da mistura, com isso é necessário breve conhecimento desses atributos para não afetar os resultados. A trabalhabilidade do concreto seco pode sofrer alterações quando os agregados não possuem boa textura superficial, forma e porosidade, isso acontece, pois o estado fresco da massa não alcança suas peculiaridades de coesão e qualidade.

A massa unitária e massa específica também são determinadas para os agregados. Segundo a ABNT NBR NM 52 (2009), a massa unitária é a relação entre a massa suficiente para encher um reservatório e o volume desse reservatório. Para os blocos de concreto, a massa unitária é empregada nas modificações dos níveis de material de massa para volume, podendo ser ao contrario também, o qual fornece uma forma de medir agregados em massa quando não se pode utilizar a balança (FERNANDES, 2008).

Conforme a ABNT NBR NM 52 (2009), a massa especifica envolve uma relação entre a massa do agregado seco e seu volume, eliminando os poros permeáveis.

2.3.4 Aditivos

Lisboa (2004) conceitua aditivo como sendo produtos adicionados, em pequenas quantidades a concretos e argamassas, para melhorar as propriedades da mistura no estado fresco e no estado endurecido. Sabe-se que o uso de aditivos para obtenção de concretos é tão antigo quanto o uso do cimento. Produtos como a clara de ovo, sangue, banha ou leite eram utilizados pelos romanos para melhorar a trabalhabilidade da mistura (MEIRELES, 2009).

Para o concreto seco, voltados à produção de peças de concreto, os aditivos mais usados são aqueles que facilitam a compactação da mistura sem precisar mexer no volume de água da pasta (FERNANDES, 2008). Os mais adequados para tal concreto são os aditivos químicos tensoativos, sendo os redutores de água ou incorporadores de ar. Dentre esse tensoativos, os superplastificantes trazem um elevado nível na diminuição do teor de umidade, sendo eles redutores de água, e os incorporadores de ar reduzem os atritos entre as moléculas, facilitando a compactação das peças.

2.3.4.1 Superplastificantes

No concreto, um componente essencial para promover a trabalhabilidade necessária são os aditivos superplastificantes, que garantem fluidez por tempo necessário para o lançamento do concreto. No Japão e na Alemanha esses aditivos foram introduzidos no mercado na década de 60. No Brasil, o uso é bastante recente (HARTMANN e HELENE, 2003).

As partículas de cimento quando entram em contato com a água, tendem a formar uma estrutura floculada que aprisiona parte dessa água, impedindo que a mesma aumente a fluidez da mistura. Essa água aprisionada gera porosidade que por sua vez, diminui a durabilidade do concreto. Os superplastificantes agem dispersando as partículas de cimento e impedindo a floculação das mesmas, garantindo um melhor aproveitamento da água

(AÏTCIN, 2000).

A NBR 11768 (1992) estabelece as condições dos materiais utilizados como aditivos para concretos de cimento Portland. Segundo a mesma norma, os aditivos superplastificantes aumentam o índice de consistência do concreto com quantidade de água de amassamento constante, ou seja, tornam o concreto mais fluido sem a necessidade de aumentar a quantidade de água da mistura. Podem ainda, reduzir pelo menos 12% da água de amassamento para obter uma determinada consistência.

Os aditivos superplastificantes podem ser divididos em três grupos, de acordo com a sua composição química. Os lignossulfonatos são os aditivos plastificantes de primeira geração que funcionam como redutores de água. O naftaleno e a melanina são comercializados como superplastificantes de segunda geração e quando utilizados como redutores de água, podem diminuir até 25% a quantidade de água da mistura. O terceiro grupo são os policarboxilatos, superplastificantes de alta eficiência, que agem por repulsão das partículas de cimento, evitando o contato e floculação entre as mesmas. A figura 8 apresenta um tipo de fabricante de aditivo superplastificante.



Figura 8 - BAUTECH Superplastificante
Fonte: Bautech Brasil.

2.3.4.2 Incorporador de ar

Os incorporadores de ar são baseados na mistura de vários surfactantes aniônicos e não iônicos, os quais trazem grandes formas de reduzir a tensão superficial da água fazendo que aumente as bolhas de ar na mistura de

concreto, desempenhando uma alta redução no atrito entre as moléculas. Por esse motivo, eles são difundidos no meio da área de construção civil, também como “lubrificantes”.

Utilizados para concreto seco, voltados para produção de peças, como os blocos de concreto, onde posteriormente o concreto é intensivamente vibrado e prensado. Esses aditivos tornam possível a formatação adequada das peças, aumentam na produção dos maquinários, estabelecendo ciclos mais curtos de prensagem e vibração, melhores resistências mecânicas, pelo fato de amplificar o grau de compacidade e um superior acabamento.

2.4 DOSAGEM DO CONCRETO SECO

A dosagem tem a finalidade de definir uma proporção mais acessível em questões de custos, em relação a quantidades de materiais utilizados e necessários para a produção das peças, assegurando que atendam aos requisitos de norma e termos de qualidade. A forma mais utilizada para se expressar essas quantidades, é conhecida como traço, o qual demonstra por forma de volume ou massa, os níveis de cimento e água (TANGO, 1994).

A parte mais importante para a dosagem certa de concreto seco é buscar as medidas corretas dos ingredientes (cimento, areia, água e aditivos) fazendo com que obtenham tanto qualidade em sua forma endurecida, como também uma boa coesão e trabalhabilidade em seu estado fresco, sem que excedam custos (DOWNSON, 1981). Isso só é possível quando o concreto atinge o nível máximo de compactação, onde a densidade da mistura seja extrema. Os agregados bem selecionados, o teor de umidade correto e equipamentos com grande eficiência faz como que a facilidade de compactação seja possivelmente cumprida.

Alguns autores buscaram aprofundamento no conhecimento do traço de concreto seco, voltados para peças, como os blocos de concretos, pavimentos intertravados, tubos de concreto, dentre outros. Com seus estudos, criaram seus métodos para a dosagem, os mais usuais dos fabricantes de

equipamentos são o Método Besser Company (PFEIFFENGERGER, 1985) e o Método Columbia (COLUMBIA, 1969). A Associação Brasileira de Cimento Portland também propôs seu método, conhecido como método ABCP (ABCP) (FERREIRA,1995).

2.4.1 Método ABCP

O método ABCP foi proposto por FERREIRA (1995), direcionado para a produção de blocos para alvenaria, onde sua principal característica é a seleção mais correta dos agregados, aqueles que possuam a melhor compacidade possível. O equipamento utilizado para a fabricação também interfere na formulação do método, e quando houver diferenças nas características dos agregados deve ser refeita a formulação.

Este Método é considerado muito acessível, pois é baseado em testes práticos de tentativa e erro, onde as proporções dos materiais não são formuladas por conceitos científicos. Com isso, a sequencia para a dosagem é simples, na qual parte da melhor composição dos agregados, definição do nível de água da mistura e determinação da quantidade de cimento.

A composição dos agregados é feita da seguinte maneira: um recipiente robusto e com abertura superior para retirar os agregados em excesso é preenchido totalmente com tipos de proporções granulométricas diferentes, são compactados com o uso de um soquete até completar todo volume. Em seguida, pesam-se os recipientes para constatar o mais pesado, aquele que for maior é definido o agregado ideal. A definição do nível de água, conforme o método descreve que a água da mistura deve ser máxima, mas não pode influenciar no excesso da coesão incorporando o concreto junto à parede da forma. A quantidade de cimento é escolhida conforme a resistência necessária, um aumento do grau de cimento faz com que a resistência se eleve e seu rebaixamento, conseqüentemente, diminua. A porção dos agregados é mantida mesmo sendo feita mudanças na quantidade de cimento, contudo, conforme

alteração na proporção, um ajuste na umidade da mistura em alguns casos deve ser considerado.

2.4.2 Método Columbia

A fabricante de equipamentos de vibrocompressão, Columbia, apresentou um método em que é baseado na utilização de agregados que se encontrem entre uma faixa granulométrica. Conforme são usados os agregados adequados, uma mistura com boa trabalhabilidade e resistência mecânica pode ser facilmente criada. Conforme o método, depois que são separados os agregados, as proporções propostas para avaliar a melhor mistura situam-se entre 14% a 15% na quantidade de cimento e a água de 5,0% a 5,5%. A figura 9 apresenta esta faixa granulométrica para produção dos blocos conforme o método Columbia.

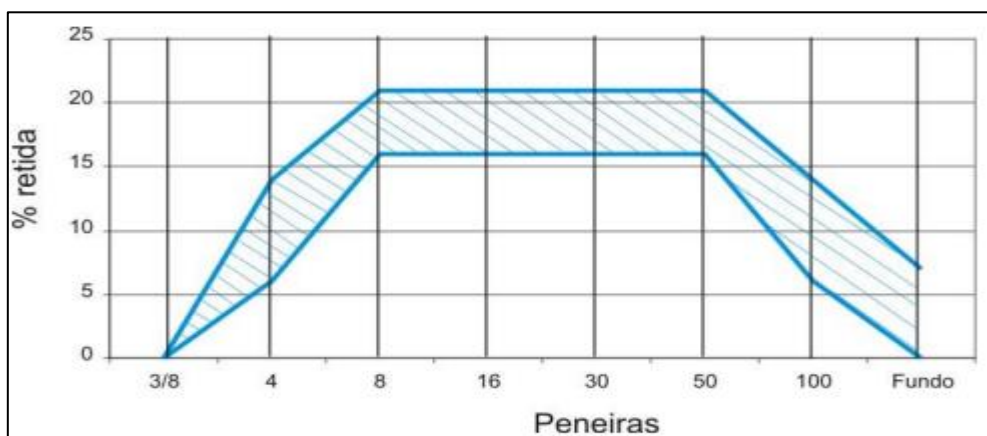


Figura 9 - Faixa granulométrica recomendada para produção de blocos de concreto

Fonte: COLUMBIA (1986).

2.4.3 Método Besser Company

Assim como o Método de Columbia, o Besser Company foi proposto por um fabricante de equipamento para produção de blocos de concreto. A princípio foi apresentado por Pfeiffenberger (1985) e em seguida foi reformulado para os equipamentos nacionais (MEDEIROS, 1993).

O seguinte método é fundamentado pelo gráfico de Pfeiffenberger, onde distingue a distribuição granulométrica de acordo com o tipo de bloco. Após ser definido a granulometria se estabelecem traços piloto, onde é variada a quantidade de cimento conforme a exigência de resistência mecânica. A água da mistura é lançada de acordo com o equipamento e estabelecida no traço piloto, com uma variação entre 6,0% a 7,0%. A figura 10 mostra os gráficos práticos sugeridos por Pfeiffenberger.

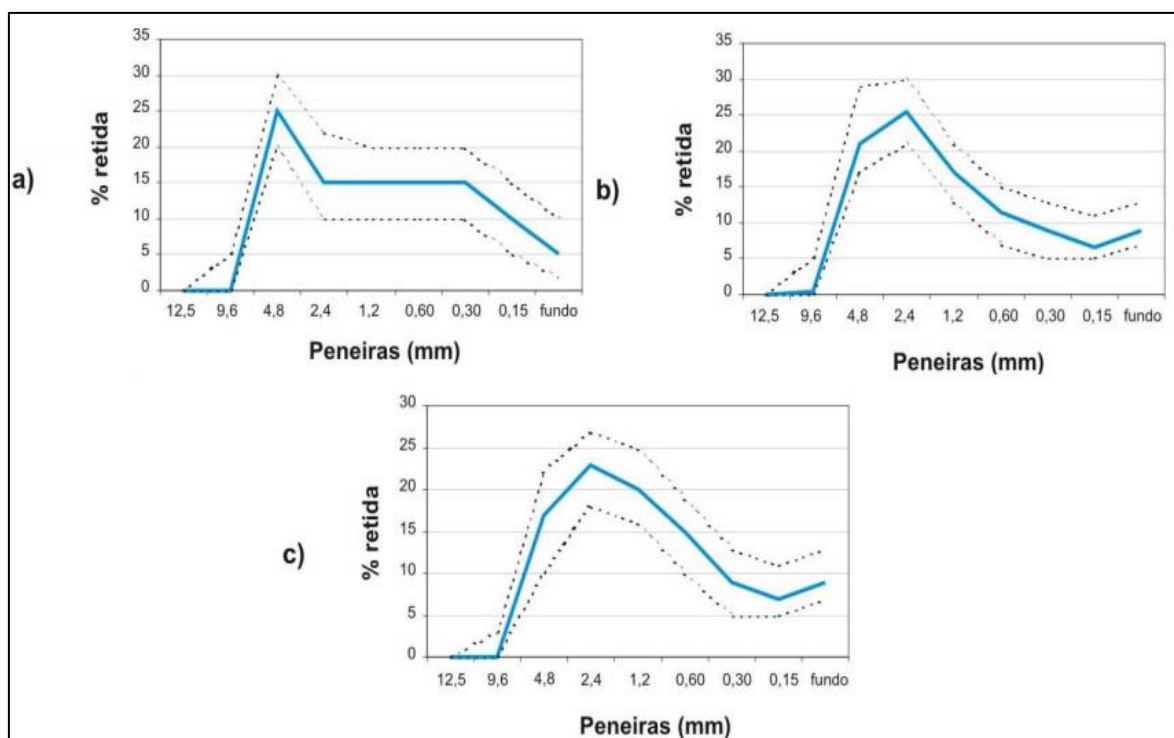


Figura 10 - Curva granulométrica de referência em função do tipo de bloco a ser produzido: a) bloco de densidade normal b) bloco leve c) bloco leve de textura lisa e bloco de densidade mediana

Fonte: PFEIFFENBERGER (1985).

2.5 BLOCOS DE CONCRETO

2.5.1 Introdução

As primeiras máquinas destinadas à produção dos blocos de concreto no Brasil foram importadas dos Estados Unidos na década de 1950, marcando o início da história desses componentes no país (BARBOSA, 2004).

Outro fato importante, ocorrido também nessa época foi a utilização de blocos de concreto na construção de núcleos habitacionais próximos às hidrelétricas, sendo utilizados como matéria prima, o resíduo originado na britagem dos agregados que eram utilizados nas construções das barragens (MEDEIROS, 1993).

A figura 11 apresenta o bloco 140x190x390 mm produzido pela empresa Tubos Copel.



Figura 11 – Blocos de concreto
Fonte: Tubos Copel.

É notório o baixo grau de disseminação da utilização dos blocos de concreto em algumas regiões do país. Dentre os fatores atribuídos a esse aspecto, destaca-se a falta de conhecimento técnico sobre o assunto, desde a fabricação dos blocos nas centrais de produção até o desenvolvimento das potencialidades atribuídas à sua utilização (TANGO, 1984; ALVES, 2004).

Para que os blocos de concreto atinjam níveis elevados de

racionalização da construção das paredes de alvenaria, devem ser analisados quanto à conformidade, obedecendo aos requisitos e critérios estabelecidos na norma da ABNT NBR 12118 (2006).

Os requisitos a serem respeitados pelos blocos de concreto, de acordo com as exigências da NBR 12118 (2006) são: análise dimensional, determinação de absorção de água e área líquida, resistência à compressão e retração por secagem, contribuindo para a qualidade do produto final.

2.5.2 Materiais e fabricação

Na fabricação de blocos vazados, o sistema eficiente e produtivo mais comum é a utilização de equipamentos referenciados como vibroprensa, sendo característico para “concretos secos”, onde o nível de abatimento do tronco de cone é próximo de zero. Com isso, o nível de consistência é relativamente maior comparado com concretos plásticos, pelo fato de ser utilizada uma quantidade menor de água, no qual fica muito mais fácil desformar as peças (MARCHAND et al, 1996).

A quantidade de água empregada nas misturas é essencial na qualidade final dos blocos, no qual viabiliza conseqüentemente sua produção e também sua desforma, o valor varia entre 5,0% a 8,0% de água sobre o peso total da mistura (aditivos, cimento, agregados e adições). Na produção de blocos de concreto, a quantidade de água deve ter o maior valor possível, no entanto, esse valor não ofereça conseqüências no momento da desforma pela falta de aderência ou falta de coesão para o formato do bloco, segundo TANGO, (1994) e RODRIGUES, (1995).

Os traços utilizados na produção de blocos vazados, não possuem quantidades elevadas de aglomerantes e cimento, onde a composição varia entre 1 : 6 a 1 : 14, no caso o valor de cimento de 1 parte é utilizado de 6 até 14 partes de agregados.

Para demonstrar detalhadamente a sequencia em um processo de produção de blocos de concreto, será demonstrado a seguir o passo a passo:

1º) Recebimento dos Materiais: Nas baias ou silos é armazenado os agregados (areia, pedrisco e pó de pedra), onde também se encontra o cimento. No laboratório é feito um controle de granulometria com os agregados.

2º) Dosagem de materiais: Para diferentes tipos de blocos, têm-se seus específicos traços, com isso a umidade necessária pra cada um é diferente. Os agregados são levados para o misturador, acrescentando-os quantidades de água, aditivos e cimento.

3º) Transporte do concreto: O misturador passa o concreto seco por esteiras ou carrinhos fixados em trilhos, para a máquina de moldagem, e em seguida vai para o cone de compactação por meio de prensagem e/ou vibração. O formato dos blocos é definido pelo molde na máquina.

4º) Moldes: Para os moldes, existem sequencias chamadas de ciclos. Conforme as dimensões das peças, a quantidade de blocos por ciclo nos equipamentos de vibrocompressão é diferente e devem ser cuidadosamente lançados nas formas, assegurando que se enquadre em suas respectivas dimensões.

6º) Verificação visual: Nessa fase, é feito uma análise visual dos blocos para desprezar aqueles que são defeituosos. Aqueles blocos que passam na avaliação seguem para o próximo passo de cura.

7º) Câmara de Cura: Para a cura, a principal função é manter o nível de umidade bem saturado, com bastante vapor, fazendo com que o concreto evite perda de água no decorrer da reação do cimento. Depois da cura das peças, deve ser feito um descanso até o próximo dia.

8º) Movimento: No oitavo passo, se faz uma junção dos blocos prontos na paletização.

9º) Estoque: Aqui é feita a comercialização e entrega dos blocos que se encontram alojados no estoque da empresa.

10º) Ensaio: Essa é a fase em que é realizada a avaliação final das peças, determinando seus níveis de resistência, permeabilidade, retração e análise dimensionai.

2.5.3 Exigências de conformidade dos blocos de concreto

Para que os blocos de concreto sejam de qualidade, a sua fabricação deve ser realizada utilizando materiais industrializados, equipamentos de boa precisão, procedimentos de dosagem e cura controlada (FRANCO et al.,1994).

Os blocos de concreto devem ser produzidos com agregados inertes e cimento Portland, com ou sem aditivos e moldados em prensas-vibradoras, conforme as exigências citadas abaixo:

- estrutural: aplicados em alvenaria estrutural, armada e parcialmente armada, permitindo que as instalações elétricas e hidráulicas sejam embutidas na fase de elevação da alvenaria;
- vedação: para fechamento de vãos, de modo a propor vãos modulados em função das dimensões dos blocos.

Quanto ao uso, os blocos de concreto podem ser classificados, segundo a NBR 6136 (2006):

- classe A: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- classe B: com função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- classe C: com função estrutural para uso em elemento de alvenaria acima do nível do solo;
- classe D: sem função estrutural para uso de elemento acima do nível do solo.

2.6 MÁQUINAS VIBROCOMPRESSORAS

2.6.1 Introdução

No ano de 1904, J. Bresser iniciou uma nova técnica nos Estados Unidos da América, onde ele mecanizou uma forma de fabricar, ao mesmo tempo, vários blocos de concreto. Seguidamente, esse processo foi sendo cada vez mais eficaz e as máquinas passaram a ser mais eficientes em sua produção, obtendo mais produtividade em relação ao tempo, buscando sempre um melhor retorno aos custos.

O principal conceito para as máquinas de blocos de concreto é a relação da vibração com a força de compressão exercida no concreto dentro do molde, esses dois termos devem trabalhar de forma precisa e regulada para obter uma peça com boa aparência e adequada aos requisitos necessários para à norma NBR 6136.

As máquinas vibroprensas são denominadas assim, em virtude de seu mecanismo utilizado para realização da penetração do concreto nos moldes (Fioriti e Akasaki, 2004).

2.6.2 Processo de vibração das máquinas vibrocompressoras

O processo de vibração das máquinas vibroprensas é um dos mais relevantes dentre todo seu sistema, pelo fato desta vibração ter influencia direta nos resultados da máquina em conformidade com a qualidade na produção das peças. A vibração tem a função de fluidificar a argamassa da mistura, o qual resultará em uma redução do atrito interno e faz com que os agregados fiquem mais bem acomodados (NEVILLE, 1988). Só é atingida essa vibração quando parâmetros do equipamento são alcançados de forma eficaz,

sendo eles a frequência, a forma, direção, amplitude, aceleração, velocidade e a duração. Segundo Bresson (1981), as vibrações das vibroprensas podem ser classificadas em:

- Unidirecional vertical, sendo essa vibração mais frequente nas máquinas de blocos.
- Unidirecional horizontal.
- Circular no plano horizontal.
- Circular no plano vertical.

Ainda segundo Bresson (1981), ele apresentou conclusões de estudos perante as vibrações das máquinas de blocos de concreto, afirmando que em sua maioria, as máquinas fornecem vibrações com valores excelentes de experimentos laboratoriais, com frequência de 50 Hz e amplitude de 1,5 a 2 mm. As vibrações unidirecionais verticais não são eficazes na transmissão para as mesas europeias no dimensionamento das formas que oferecem capacidade limite de cinco blocos. Para máquinas com vibração direta no molde (americanas), esta vibração não permite uma boa precisão na altura do bloco. Bresson também apresentou em seu estudo, que blocos com melhor qualidade podem ser fabricados com o uso de vibrações horizontais unidirecionais, entanto que o emprego de um sistema de vibração seja equilibrado e a estrutura do molde seja com biela articulada, sendo essas, com excelente flexibilidade nas duas direções, vibração horizontal e direção da compressão.

2.6.3 Método de funcionamento das máquinas vibrocompressoras

O sistema que faz a introdução do concreto nos moldes das máquinas automáticas vibrocompressoras, ajustam o tempo de vibração e o movimento

dos agitadores que proporciona o enchimento do concreto na forma, em conformidade com o tempo final, conhecido como a segunda vibração, em que o bloco é prensado junto à vibração, até que se alcance a altura desejada.

Quando são usadas máquinas manuais, o processo é impreciso e as peças podem ser desiguais em seus resultados.

O tempo de vibração bem ajustado e controlado é essencial para o desenvolvimento da produção dos blocos. Este tempo faz com que as propriedades físicas sejam potencializadas conforme o grau de compactação em que é submetida à peça.

Em seguida serão resumidas as etapas do funcionamento das máquinas durante a moldagem dos blocos e será demonstrada na figura 12:

- a) O preenchimento da caixa metálica, conhecida como gaveta, com o concreto para moldagem;
- b) O material é lançado no molde com auxílio de uma vibração sincronizada e de uma agitação da grade metálica existente na parte interna da gaveta;
- c) A gaveta é retornada ao início e desce do extrator para a compactação seguida de uma nova vibração que é aplicada até se atingir a altura necessária para o bloco;
- d) A desforma dos blocos acontece após a vibração, a elevação do molde acontece com os extratores imóveis, permanecendo os blocos em cima do palete;
- f) O palete com os blocos segue para a parte dianteira da máquina, na sequência um novo palete vazio preenche o lugar do molde;
- g) O molde retorna a sua primeira posição no momento em que os extratores sobem, seguindo para um novo ciclo de fabricação;

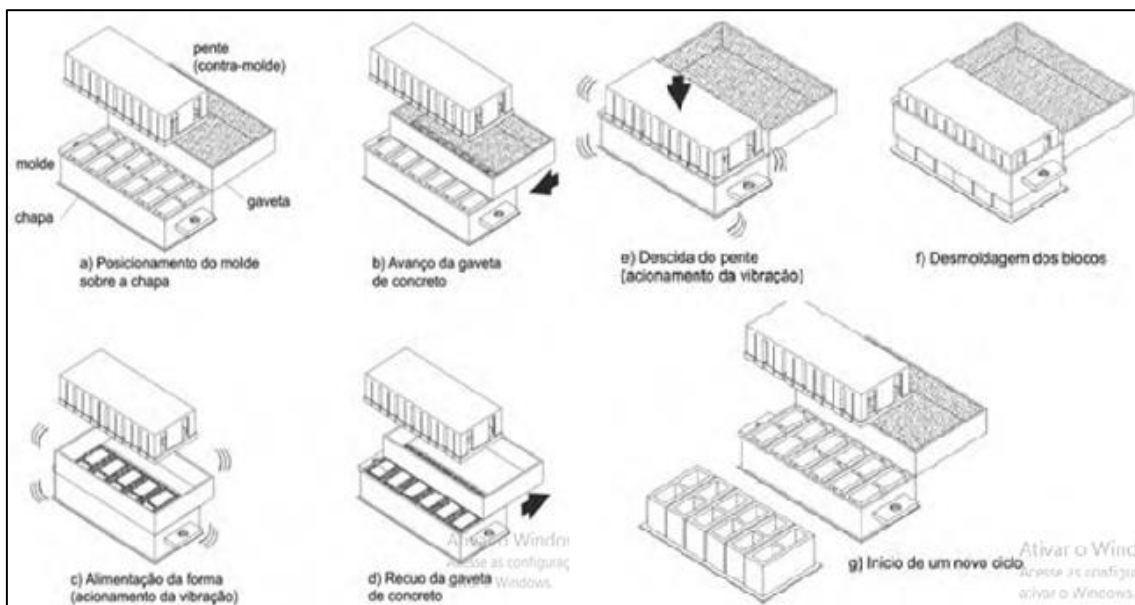


Figura 12 - Sequência de produção dos blocos de concreto nos equipamentos de vibrocompressão

Fonte: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural – CT10.

2.7 CONSISTÔMETRO DE VEBE

2.7.1 Parâmetros de aplicação do consistômetro de Vebe

O ensaio de consistômetro de Vebe foi primeiramente proposto por Bahrner (1940) apud Tattersall (1991), onde seu objetivo era apresentar um ensaio capaz de analisar o comportamento de concretos lançados por vibração.

O consistômetro é adequado para misturas de concreto de característica mais seca, pois a trabalhabilidade é muito baixa e a medida de consistência não é encontrada facilmente pelo ensaio de abatimento ou “slump test”.

Segundo Abreu (2002) o conceito de trabalhabilidade do concreto seco é a capacidade de poder dar produtividade, em que o transporte e a aplicação do concreto junto ao auxílio de equipamento corretos de vibração, não ofereça perda na homogeneidade e não interfira nas particularidades do aspecto visual, forma e coesão da peça recém-fabricada.

Com a necessidade de estudos para aplicação de diferentes tipos de concreto, principalmente em concreto para barragens, conhecido como CCR (Concreto Compactado com Rolo), ensaios para verificação de sua qualidade e adequação com as características de sua utilização, foram fundamentais. Nos anos de 1972 e 1974, W. R. Cannon obteve resultados de trabalhos experimentais sobre compactação de concreto utilizado na barragem de Times Ford nos Estados Unidos, onde chegou a conclusão que o Consistômetro de Vebe deveria sofrer uma mudança, denominado como “Cannon Time”. O Vebe modificado é meramente usado para medir a consistência de CCR, onde um contrapeso sobre a mistura, junto à mesa vibratória, auxilia no adensamento do concreto.

O aparelho Vebe modificado é então usado para medir a trabalhabilidade segundo a determinação da consistência e massa unitária de concretos extremamente secos, Kokubu (1995) esclareceu diferentes padrões e resultados conforme o tipo de contrapeso utilizado sobre a amostra de concreto no recipiente cilíndrico do aparelho Vebe, no Japão é utilizado um contrapeso de 20 Kg, segundo a ASTM C1170 o contrapeso utilizado é de 22,7 Kg e a American Corps of Engineering especifica um contrapeso de 12,5 kg. De acordo com estas normas e conforme o grau de aceleração empregada na mesa de vibração do aparelho Vebe, foi concluído pelos autores que o contrapeso de maior capacidade sobre a amostra de concreto faz com que seja atingido o nível máximo de compactação em conformidade a uma baixa aceleração da mesa vibratória.

Para a finalidade deste projeto, sobre o estudo de blocos de concreto, em que é necessária a máxima compactação das peças, o consistômetro de Vebe modificado mais adequado é referente à norma ASTM C1170 – 91, onde o sobrepeso utilizado de 22,7 Kg é mais consistente que das outras normas, este experimento se adequa mais ao processo de fabricação dos blocos, sendo que as máquinas de vibrocompressão automáticas geram uma força de prensagem muito alta.

A seguir será apresentado o consistômetro de Vebe convencional, demonstrando sua forma de uso e os resultados perante seus métodos e em seguida, o consistômetro de Vebe modificado referente à norma ASTM C 1170.

2.7.2 Consistômetro de Vebe convencional

O aparelho empregado neste ensaio é constituído por um cone de slump-test que é colocado no interior de um cilindro fixado em uma mesa vibratória (Figura 13). O procedimento de ensaio consiste em colocar uma amostra de concreto no interior da forma tronco-cônica de forma semelhante ao método do slump. Após, a mesa vibratória é ligada, introduzindo um efeito que facilita o adensamento do concreto, mede-se o tempo necessário para este concreto passar da forma tronco-cônica para a forma cilíndrica (remoldagem).

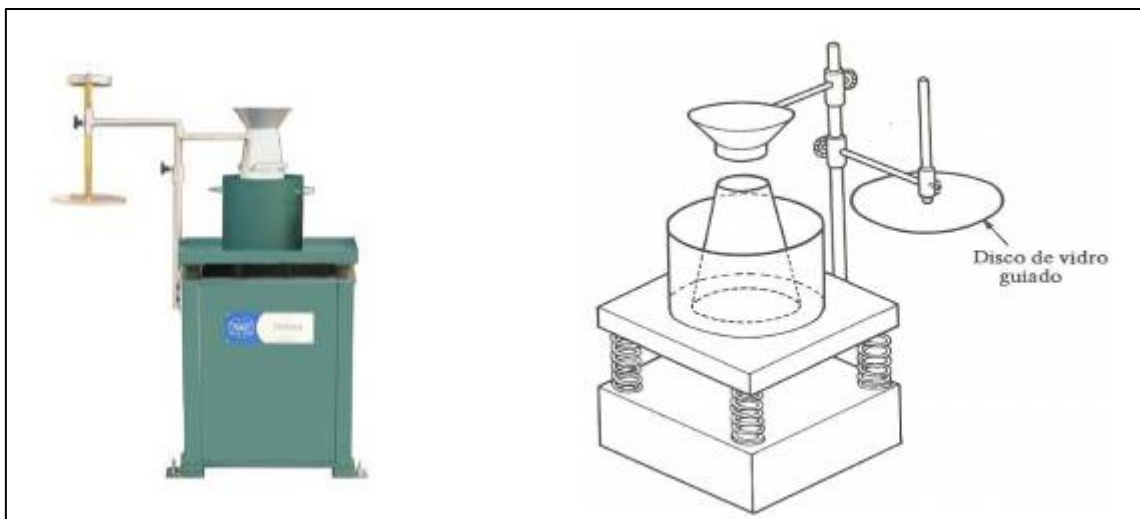


Figura 13 - Aparelho para medir consistência de concretos de mistura seca - Consistômetro de Vebe

Fonte: Concreto de Cimento Portland – Especificações e ensaios – Pág. 22.

2.7.2.1 Procedimento de uso

O concreto fresco é lançado e compactado dentro de um recipiente (cone de Abrams). O cone é retirado na vertical e o disco de vidro é colocado na parte superior do molde e baixado cuidadosamente até encontrar o concreto. Anota-se o valor do abatimento do cone, e em seguida é ligada a mesa vibratória, marcando e anotando o tempo (tempo de Vebe) necessário para que o disco transparente fique totalmente encostado com o concreto.

Conforme a norma NP EN 12350-3, referida para o consistômetro de Vebe, deve ser assegurado que o procedimento do ensaio não despreze tais pontos:

- O ensaio não é aplicado para agregados maiores que 63 mm, presente na mistura.
- Se a trabalhabilidade Vebe for menor que 5 segundos ou maior que 30 segundos, este método não é adequado.

2.7.2.2 Resultado do ensaio

Registra-se o tempo Vebe, que é a medida de tempo necessário para o molde de concreto estar em total contato com o disco de vidro. Em seguida, conforme o valor obtido tem se a definição da consistência da mistura ensaiada, dividido por classes, conforme mostrado na tabela 5.

Tabela 5 – Classificação Consistência para Consistômetro de Vebe NP EN 12350 - 3

Classe Vebe	Tempo Vebe (seg)
V0	>31
V1	30 a 21
V2	20 a 11
V3	10 a 5
V4	<4

Fonte: Adaptado de ISO 4103.

Para os resultados deve-se verificar se há um abaixamento rápido e veloz da amostra com a vibração do consistômetro, caso aconteça, o concreto não é coeso e tem pouca trabalhabilidade. No caso de haver um abaixamento contínuo e suave, a trabalhabilidade é boa.

2.7.3 Consistômetro de Vebe modificado, ASTM C1170 – 91

Em consequência de novas técnicas para dosagem de concreto, o consistômetro de Vebe convencional passou por modificações, pois seu uso era adequado para concretos de característica seca, segundo a ACI 211.3-75 (R 1988), em que o valor de slump é muito baixo girando entorno de 1 cm (10 mm) ou menos. Para dosagens de concreto “No Slump”, de características extremamente seca, onde seu abatimento é igual à zero, novas técnicas foram abordadas, sendo caracterizadas em estudos para uma melhor compactação da massa, buscando uma forma de adensamento mais correta.

O âmbito da norma ASTM C1170 é utilizar métodos de ensaio para determinar a consistência do concreto pelo aparelho consistômetro de Vebe e a densidade da amostra do concreto consolidado. Os métodos de ensaios são voltados para concreto de característica seca, como o CCR (Concreto Compactado com Rolo), o qual tem boa semelhança ao concreto usado para fabricar blocos de concreto, pavimentos intertravados e tubos.

2.7.3.1 Aparelho Vebe modificado



Figura 14 - Consistômetro de Vebe modificado
Fonte: Autoria própria.

O aparelho Vebe modificado apresentado na figura 14 é constituído por uma mesa vibratória de aço, com espessura de 19 mm e tem dimensões de cerca de 381 mm de comprimento, por 260 mm de largura, e 305 mm de altura e seu peso total junto ao vibrador é de aproximadamente 95 Kg (210 Lb.). Também faz parte do equipamento um molde cilíndrico de aço ou outro metal duro e resistente à corrosão da pasta de cimento e deve ter um diâmetro interior de 241 ± 2 mm, uma altura de 197 ± 2 mm, e uma parede com espessura de 6 ± 2 mm. O sobrepeso de aço utilizado tem pelo menos 457 mm de comprimento e 160 ± 2 mm de diâmetro com uma massa de $22,7 \text{ Kg} \pm 0,5$ Kg. É necessário um dispositivo de sincronismo, cronômetro capaz de gravar tempo em intervalos de pelo menos 2 min com a aproximação de 1 segundo, uma peneira de abertura de 50 mm (2 polegadas) e ferramentas como pá, colher de mão, vara de calcamento e chave.

2.7.3.2 Amostragem e normas de calibração

As amostras de concreto devem ter um tamanho nominal máximo de agregado de 50 mm (2 pol.) ou menos. Se o concreto tem agregado maior do que 2 pol., as amostras devem ser obtidas por peneiramento úmido sobre uma peneira de 50 mm (2 pol.). Os testes de amostras de concreto serão concluídas no prazo 45 min após a conclusão da mistura, a menos que de outra maneira estipulado.

A mesa vibratória deve produzir uma vibração com movimento senoidal e com uma frequência de, pelo menos, 3600 ± 100 vibrações por min ($60 \pm 1,67$ Hz) e uma dupla amplitude de vibração de $0,0170 \pm 0,0030$ pol. ($0,43 \pm 0,08$ milímetros) quando um peso de $60,0 \pm 2,5$ lb ($27,2 \pm 1,1$ kg) adicional está aparafusado ao centro da mesa.

2.7.3.3 Resumo do método de teste

A consistência das misturas de concreto extremamente seco é medida através da mesa vibratória Vebe. Para medir, o método demonstra que é necessário verificar o tempo para que uma amostra de concreto seja consolidada por meio de vibração em um molde de forma cilíndrica. A densidade da amostra compactada é encontrada em função da massa da amostra dividida pelo seu volume, o método é conhecido como deslocamento de água.

Dois procedimentos, segundo a ASTM C1170 são fornecidos para cálculo da consistência e densidade da amostra, os quais dependem das características do concreto para sua escolha. Conforme a necessidade do projeto para estudo da fabricação de blocos de concreto o método de ensaio A é mais adequado, pois caracteriza a utilização do sobrepeso de 22,7 Kg, enquanto o método de ensaio B não utiliza o sobrepeso, com isso, a seguir será apresentado como a norma relata a sequencia de ensaio para o Método A.

2.7.3.4 Método de ensaio A

No método de ensaio A, a massa usada para a compactação da amostra de concreto é aumentada de 2,72 Kg (6 Libras) para um sobrepeso de 22,7 Kg (50 Lb.), apresentado na figura 15, onde é colocado em cima da amostra teste. Este método é utilizado para concretos secos e de consistência extremamente seca onde o tempo Vebe é superior a 5 segundos.



Figura 15 – Sobre peso com 22,7 Kg
Fonte: Autoria própria.

2.7.3.5 Resultados do ensaio

A norma ASTM C1170 descreve que é necessário o utensílio de referencia a norma ACI 211.3 – 75, “Prática Recomendada para a Seleção e Proporções de concreto No – Slump”, para resultado do ensaio com o consistômetro de Vebe. Segundo a ACI 211.3 – 75 são apresentados descrições de consistência do concreto pela tabela 6, onde a uma relação do tempo Vebe, conforme o tempo é encontrado no ensaio podem-se tirar conclusões com respeito a sua consistência.

Tabela 6 – Descrição da Consistência pelo Consistômetro de Vebe segundo ACI - 1975

Descrição da Consistência	Tempo Vebe (s)
Extremamente Seco	32 a 18
Muito Seco	18 a 10
Seco	10 a 5
Seco para Plástico	5 a 3
Plástico	3 a 0
Fluído	---

Fonte: Adaptado de Instituto Americano do Concreto 211.3.

A densidade da amostra também é encontrada, e conforme seu valor pode-se tirar conclusões da quantidade de concreto amostrado recém-consolidado em função do seu volume.

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Conforme apresentado nos tópicos anteriores, a metodologia desta pesquisa tinha como objetivo desenvolver um estudo da trabalhabilidade do concreto seco para se adequar e resultar em um melhor rendimento das máquinas vibrocompressoras na produção de blocos de concreto de vedação.

O principal objetivo era demonstrar o utensílio de um experimento de ensaio denominado consistômetro de Vebe, referenciado pela norma ASTM C1170, que traz uma breve análise sobre concretos de característica mais seca em seu estado fresco, quanto à consistência e densidade da amostra utilizada.

Os locais de fornecimento do concreto foram escolhidos de forma em que pudessem se enquadrar com o estudo da pesquisa para concreto seco voltado a fabricação dos blocos. Com isso, duas empresas que produzem blocos de concreto na cidade de Campo Mourão foram designadas para a conclusão do estudo. Como forma de consenso, as empresas foram definidas como empresa A e B.

Os ensaios foram feitos na UTFPR – CM (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão) onde se encontrava o aparelho de consistência Vebe modificado. A norma ACI 211.3 – 75 foi usada para verificar a descrição da consistência do concreto após o resultado dos ensaios.

Para obter os objetivos apresentados, este trabalho será desenvolvido em etapas mostradas na sequencia.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Etapa 1: Dosagens das empresas

Nesta etapa foi pesquisada a dosagem das empresas em estudo, fornecendo a quantidade dos materiais utilizados na formulação de seus concretos e seus níveis de umidade. Também foram apresentados nesta etapa os aditivos utilizados para a realização das dosagens, quanto a seu tipo e quantidades empregadas.

Etapa 2: Apresentação das máquinas vibrocompressoras e suas respectivas produções

Após ser feita a visita às empresas, foi recolhido dados referente aos tipos de máquinas utilizados na fabricação, seus respectivos tempos de vibração, força de prensagem, estimativo de produção, tipos de peças e nível de qualidade das peças. Para a produção dos blocos, desde o número de peças por ciclo, e o valor total de produção diária, também foi descrito nesta etapa.

Etapa 3: Realizações experimentais com consistômetro de Vebe modificado

Na etapa 3 foi demonstrada a sequencia de processos feitos para obtenção dos resultados do consistômetro de Vebe modificado. Todas as etapas sugeridas na ASTM C1170 foram executadas.

Com o experimento foram obtidas as consistências e as densidades das

amostras das empresas A e B.

Etapa 4: Análise dos resultados

A partir das etapas anteriores, foi realizada uma discussão sobre o resultado do ensaio para as amostras de concreto das empresas, quanto ao tipo de consistência e sua adequação da trabalhabilidade para a utilização das máquinas vibroprensas. Também foi feita uma análise sobre o aspecto visual dos blocos das empresas, quanto a sua textura superficial aparente.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 DOSAGENS DAS EMPRESAS

Este capítulo foi dividido na apresentação da dosagem das empresas, nos aditivos utilizados e no teor de umidade de cada uma delas. O interesse por esses tópicos era demonstrar a diferença que a dosagem afeta no resultado do ensaio de consistômetro de Vebe, quanto à quantidade de agregados, utilização de aditivos e o teor de umidade.

4.1.1 Traço de massa

Após ser feita a visita às empresas, foram apresentados os constituintes utilizados em suas respectivas dosagens, quanto à quantidade de areia, pedrisco, pó de pedra, cimento, água e aditivos. As duas empresas usavam carrinhos de mão para o lançamento dos materiais no misturador, sendo assim, a dosagem das empresas quanto aos agregados era feita pela quantidade de carrinhos utilizados, da maneira que mostra a figura 16.



Figura 16 – Agregados utilizados na mistura das empresas
Fonte: Autoria própria.

A empresa A utilizava 3 carrinhos de areia, 1 de pedrisco e 2 de pó de pedra e a empresa B usava em sua dosagem 2 carrinhos para cada agregado. Ambas as empresas utilizavam em suas dosagens o cimento CP V – ARI. A quantidade de agregado para o traço de massa das empresas foi demonstrado na tabela 7.

Tabela 7 – Traço de massa das Empresas

Empresa	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Pedrisco (Kg)	Pó de pedra (Kg)	Traço de massa
A	50	208,8	79,2	159,6	1 : 8,952
B	40	139,2	158,4	159,6	1 : 9,44

Fonte: Autoria própria.

4.1.2 Aditivos Utilizados

Como o concreto tinham uma consistência mais seca eram usados aditivos incorporadores de ar, conhecidos também como “lubrificantes” para o concreto, os quais aumentavam significativamente a quantidade de bolhas no concreto e diminuía a coesão entre as partículas. Esses aditivos tinham a finalidade de melhorar a formatação das peças, aumentar a produção das máquinas, pelo fato de diminuir os ciclos e o tempo de vibração das vibroprensas.

Conforme dados fornecidos pelo funcionário responsável pela dosagem do concreto, na empresa A era usado 50 ml de aditivo incorporador de ar, fornecido pela Quimiovale, apresentado na figura 17.



Figura 17 – Aditivo empresa A
Fonte: Autoria própria.

A empresa B tinha em sua dosagem a adição de 150 ml do aditivo LIQUIPLAST – 1400, fornecido pela indústria TECNOMOR, demonstrado na figura 18.



Figura 18 – Aditivo empresa B
Fonte: Autoria própria.

4.1.3 Teor de Umidade

A água utilizada nos traços das empresas era lançada em galões de cinco litros. Na empresa A, em média foram utilizados quatro galões, totalizando vinte litros por traço, na empresa B essa quantidade era aumentado em mais um terço de galão, girando entorno de vinte e dois litros. Porém essas quantidades dependia da umidade do dia e de motivos meteorológicos que influenciavam nos agregados estocados ao tempo, assim o volume de água usado podia sofrer variações de cerca de mais ou menos dois litros conforme sua necessidade.

Na tabela 8, apresenta-se o teor de umidade das empresas em porcentagem.

Tabela 8 – Teor de umidade das empresas

Empresa	Peso total (Kg)	Água (Kg)	Teor de Umidade (%)
A	517,6	20,0	3,87
B	519,2	22,0	4,24

Fonte: Autoria própria.

4.2 APRESENTAÇÃO DAS MÁQUINAS VIBROCOMPRESSORAS E SUAS RESPECTIVAS PRODUÇÕES

4.2.1 Empresa A

A empresa A utilizava uma máquina de vibrocompressão automática para blocos e pavimentos denominada MBP - 4, mostrada na figura 19, fornecida pela Menegotti, indústria de máquinas e equipamentos.



Figura 19 - Máquina vibroprensa MBP – 4
Fonte: Menegotti máquinas e equipamentos.

A MBP - 4 é utilizada para a fabricação de peças de concreto que funciona com sincronismo de vibração e compressão, controlada pelo CLP (Controlador Lógico Programável), responsável por todos os movimentos da máquina, excluindo a necessidade de operação manual. Segundo dados da Menegotti, a máquina possui uma capacidade de força de prensagem de quatro toneladas-força.

O tempo de vibração da máquina para a fabricação dos blocos de concreto girava entorno de 11 a 13 segundos para cada ciclo, sendo em média 5 a 6 segundos para enchimento das formas com o concreto e mais 6 segundos para vibração e compressão das peças.

Também produzia peças como: bloco estrutural, meio-bloco, canaleta, meia-canaleta, laje, lajota sextavada, paralelepípedo (holandês), piso Pav "S" (tipo unistein) e meio-fio.

O estudo deste trabalho foi desenvolvido diante da fabricação dos blocos de concreto de vedação de dimensões 140x190x390 mm, o concreto usado em sua produção foi utilizado para realização dos experimentos com consistômetro de Vebe. Para este tipo de bloco, a MBP – 4 produzia quatro peças por ciclo. Conforme dados da indústria de máquinas vibrocompressoras Menegotti, a quantidade de peças por dia para blocos 140x190x390 mm é de 3.840 a 5.480 e a quantidade de ciclos por minuto é de 2,0 – 2,5. Esses valores são baseados em uma capacidade nominal de 100%.

Segundo a empresa A, aproximadamente após três anos de uso da máquina, a quantidade de blocos fabricados diariamente em um período de 8 horas de trabalho girava entorno de 2.000 a 3.000 e o ciclo de 1,0 – 1,5. A seguir, apresenta-se a vibroprensa da empresa A na figura 20.



Figura 20 – Máquina Vibroprensa empresa A
Fonte: Autoria própria.

4.2.2 Empresa B

Na empresa B a máquina de vibrocompressão utilizada para fabricação dos blocos era a semi - automática denominada VFVPP - 500, mostrada na figura 21, fornecida pela Vibrafort, indústria de máquinas para fabricação de blocos e pisos intertravados.



Figura 21 – Vibroprensa VFVPP 500
Fonte: Vibrafort Máquinas para Fabricação de Blocos e Pisos Intertravados.

A vibroprensa da Vibrafort fornecia um tempo de vibração para a fabricação dos blocos de concreto, de 9 a 10 segundos para cada ciclo, sendo em média 4 a 5 segundos para preencher as formas com o concreto e mais 5 segundos para fazer a compactação dos blocos. A força de prensagem fornecida pela máquina é de 500 Kgf/m² conforme dados da Vibrafort.

Assim como na empresa A, o concreto utilizado para os experimentos foi retirado na empresa B no momento de fabricação de blocos com dimensões 140x190x390 mm, com isso, os estudos e resultados do trabalho foram referentes à produção desses blocos. Segundo dados da Vibrafort, a quantidade de blocos 140x190x390 mm produzidos por dia é de 4000 a 4500 e a quantidade de peças por ciclo é de quatro.

Na figura 22 apresenta-se a máquina de vibroprensa da empresa B, no momento de produção dos blocos de vedação.



Figura 22 – Vibroprensa empresa B
Fonte: Aatoria própria.

4.3 REALIZAÇÕES DOS EXPERIMENTOS COM CONSISTÔMETRO DE VEBE

Nesse tópico foram apresentados todos os passos feitos para a conclusão dos experimentos, conforme a necessidade de estudos do tema deste trabalho. O ensaio tinha como objetivo mostrar a característica do concreto amostrado, quanto sua consistência, apresentando também sua densidade. Os métodos foram descritos nos próximos itens.

4.3.1 Amostras de concretos para realização dos ensaios

Para a realização dos experimentos, foram coletadas uma quantidade de 75 Kg (cinco baldes de amostras) de concreto de cada empresa, o que resultou em 5 ensaios para cada uma, variando em cada ensaio seu teor de umidade para a verificação dos resultados.

O concreto foi retirado diretamente da fábrica, conforme era dosado para utilização e lançamento na máquina de vibrocompressão, o funcionário parava o misturador, e recolhia as amostras de concreto. O misturador das empresas era igual, com a mesma capacidade.

Conforme recomendações da norma ASTM C1170, o experimento deve ser finalizado após 45 minutos da retirada da amostra, com isso a amostra foi levada instantaneamente para o laboratório de pesquisa da UTFPR – CM para a realização dos ensaios.

Na figura 23 apresenta-se o misturador da empresa B, sendo o mesmo utilizado pela empresa A.



Figura 23 - Misturador de concreto empresa B
Fonte: Autoria própria.

4.3.2 Procedimento do experimento com Consistômetro de Vebe Modificado

O procedimento do ensaio tinha conformidade com a norma ASTM C1170. O experimento consistia em medir o tempo necessário para a compactação da amostra com o uso de um sobrepeso de 22,7 Kg ao vibrar a mesa em uma intensidade de 60 Hz, demonstrado na figura 24.



Figura 24 – Procedimento Consistômetro de Vebe Modificado
Fonte: Autoria própria.

As amostras lançadas no molde cilíndrico em todos os ensaios foram pesadas em uma balança no laboratório de pesquisa da UTFPR – CM com um valor de 12,6 Kg.

4.3.2.1 Determinação da Consistência

O ensaio de consistência foi seguido pelos seguintes passos fornecidos pela norma ASTM C1170:

1º) Usando pás e colheres de mão, conforme a figura 25, era obtido uma amostra representativa com uma massa de 75 Kg. Em seguida era manuseado o concreto de tal modo que os agregados grosseiros não se separassem da argamassa.



Figura 25 - Pá e colher de mão
Fonte: Autoria própria.

2º) Foi umedecido o interior do molde e preenchido com 12,6 Kg de concreto. Usando colher e o bastão, o concreto era uniformemente distribuído minimizando bolsos de segregação e nivelando a superfície do concreto solto.

3º) O sobrepeso foi colocado diretamente sobre a amostra no molde cilíndrico, e mantido manualmente seu eixo, assegurando que sua posição ficasse

perpendicular ao topo da mesa. No procedimento não podia ser aplicada pressão adicional com a mão quando se colocava manualmente o sobrepeso.

4º) As porcas de orelhas foram prendidas na mesa Vebe com uma chave, evitando o afrouxamento durante o teste.

5º) O vibrador e o temporizador foi ligado conjuntamente e observou-se o momento em que o espaço entre a borda do sobrepeso (topo) e a parte superior do molde cilíndrico se igualava. À medida que o teste se progrediu, a argamassa foi compactando o espaço entre a base do sobrepeso e a parte da base interior do molde. Quando o topo do sobrepeso se igualou a altura do molde cilíndrico, foi parado o vibrador e o temporizador, determinando o tempo decorrido para este processo. Este tempo era registrado como o tempo de consistência Vebe. Se as porcas de orelhas se soltassem durante o teste, repetia-se o teste com uma nova amostra de concreto fresca. Se a borda superior do sobrepeso não se igualasse com o topo do molde após 120 segundos de vibração era parado o vibrador e o temporizador e registrava-se que este ensaio não era válido.

6º) Se o tempo Vebe decorrido se adequava aos procedimentos anteriores em um tempo superior a 5 segundos e inferior a 120 segundos era determinada a densidade da amostra conforme o próximo item.

4.3.2.2 Determinação da Densidade do concreto recém-consolidado

Para a determinação da densidade era necessário obter a massa e o volume da amostra de concreto, sendo necessário o volume do molde cilíndrico, encontrado com um valor de 9,670 litros (0,00967 m³). Os passos para determinação da densidade foram descritos a seguir conforme a norma ASTM C1170:

1º) Após a determinação da consistência da amostra, foi removido o sobrepeso e seguidamente vibrou-se a amostra para um tempo cumulativo total (incluindo o tempo de coerência inicial) de 120 segundos.

2º) Retirou-se o molde com a amostra consolidada da mesa Vebe, e foi limpado qualquer argamassa da parede interna do molde de cilindro acima do nível do concreto consolidado. Colocou-se o molde sobre uma superfície plana e cuidadosamente foi preenchido o molde com água à temperatura ambiente até se igualar a borda superior. Registrou-se esse volume de água necessária para preenchimento com o uso de uma proveta.

3º) Em seguida foram feitos os seguintes cálculos para determinação da densidade aparente:

Peso cilindro – 9,6 Kg

Peso de todas as amostras – 12,6 Kg

Volume do cilindro – 9,670 litros

Água de preenchimento para cada amostra – AgP

Volume do cilindro – (AgP) = Volume da amostra em Litros

Peso da amostra / Volume da amostra = Densidade da Amostra em Kg/l

4.3.3 Resultado dos ensaios

Conforme os métodos anteriores apresentados pela norma ASTM C1170, e a descrição de consistência referente à ACI 211.3 – 75, os resultados foram obtidos para as amostras de concreto das duas empresas. Como forma de estudo das amostras para discussão e análise, foi elevado o teor de umidade da mistura com um aumento de 100 ml para a segunda amostra, de 200 ml para a terceira, até chegar a 400 ml para a quinta amostra. A tabela 9 apresenta os resultados práticos do consistômetro de Vebe para as duas empresas.

Tabela 9 – Resultado do Consistômetro de Vebe para as Empresas

Empresa	Amostras	Adição de água (ml)	Tempo Vebe (s)	Água de preenchimento (l)	Densidade (g/cm ³)	Tipo de Consistência
A	1	Sem adição de água	+ 120,0	4,012	2,227	---
	2	100	+ 120,0	3,962	2,208	---
	3	200	+120,0	3,871	2,173	---
	4	300	31,34	3,803	2,147	Extremamente seco
	5	400	15,01	3,734	2,122	Muito seco
B	1	Sem adição de água	76,0	4,450	2,414	---
	2	100	56,53	4,380	2,382	---
	3	200	19,16	4,150	2,282	Extremamente seco
	4	300	8,13	3,990	2,218	Seco
	5	400	- 5,0	3,915	2,172	---

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do ensaio de consistômetro de Vebe, com referencia a norma ASTM C1170, descreve que após 120 segundos ou em menos de 5 segundos de vibração se a amostra for compactada fora deste intervalo, o ensaio (método A) não é valido, e resulta em um concreto com consistência acima da descrição de extremamente seco apresentado pela ACI 211.3 – 75. Isso acontece nas amostras 1, 2 e 3 da empresa A e para a amostra 5 da empresa B. No experimento feito com as amostras 1 das empresas A e B (sem adição de água) era o concreto utilizado na fabricação de seus blocos, o resultado foi que ambas não resultaram em um tempo Vebe necessário para ser descrito como concreto extremamente seco sugerido pela ACI 211.3.

Conforme a tabela 9, com a adição de 200 ml de água nas amostras 3, o tempo Vebe da empresa A ainda foi maior que 120 segundos, porém a empresa B obteve um tempo Vebe de 19,01 segundos o qual era considerado extremamente seco. Nas amostras 4 a adição de água foi de 300 ml, resultando em um tempo Vebe de 31,34 segundos para a empresa A, considerando sua consistência como extremamente seca e 8,13 segundos para a empresa B, onde a descrição de consistência para esse tempo de vibração é de seco.

Nas últimas amostras foram adicionadas 400 ml de água, o qual resultou em um tempo de vibração de 15,01 segundos para a empresa A, caracterizando sua consistência como muito seco, e de menos que 5 segundos para a empresa B, sendo inadequado o ensaio para um tempo Vebe nesse valor.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O experimento Vebe modificado baseia-se no desempenho das máquinas de vibrocompressão, essas máquinas são utilizadas para fabricação de blocos de concreto e pavimentos intertravados, as quais necessitam do uso de concreto de característica extremamente seca, com uma porcentagem de umidade em torno de 5,0% a 8,0 %.

Assim como as máquinas de vibrocompressão que trabalham com uma vibração potente junto com uma força de compressão sobre o concreto, o experimento com o consistômetro de Vebe modificado se enquadra nesse processo, e segundo a norma ACI 211.3 - 75 a consistência foi fornecida conforme a duração de tempo de vibração necessário para o adensamento e a compactação da amostra utilizada.

Portanto, com os resultados mostrados na tabela 9 obtidos com o experimento Vebe, foi feita uma análise perante o teor de umidade usado pelas empresas em seus concretos. Após o ensaio feito com a amostra de concreto sem adição de água, sendo o próprio concreto da empresa, ficou claro que as

amostras não eram adequadas quanto à descrição de consistência e aparentavam ser seco ao extremo, ultrapassando a consistência descrita pela ACI 211.3.

Com isso, depois de adicionada uma quantidade de água, elevando-se o teor de umidade das amostras, foi atingida a consistência necessária para a fabricação dos blocos de concreto. Como forma de demonstrar a quantidade de água necessária para cada empresa, foram descritos na tabela 10 os valores de adições de águas para as misturas de concreto das empresas.

Tabela 10 – Teor de umidade após adição de água nos traços das empresas

Empresa	Amostra	Adição de água ensaio (ml)	Tempo Vebe (s)	Teor de umidade inicial (%)	Água utilizada no traço (l)	Aumento de água no traço (l)	Teor de umidade final (%)
A	4	300	31,34	3,87	20	13,67	6,12
B	3	200	19,06	4,24	22	9,58	5,73

Fonte: Autoria própria.

Como o recipiente cilíndrico utilizado no ensaio Vebe modificado possuía apenas 9,679 litros e a amostra utilizada era de 12,6 Kg, as proporções foram recalculadas para o traço na escala real de utilização das empresas, assim foi encontrado um aumento de 13,67 litros para a empresa A e 9,58 litros para empresa B.

4.4.1 Análise da textura superficial

A textura superficial dos blocos de concreto remete a uma alta taxa de absorção de água, quando sua textura era considerada porosa e com muitos vazios, o nível de absorção tende a se elevar, conseqüentemente prejudicando as peças.

Com isso foram recolhidos blocos de amostras das empresas prontos para venda, para verificação de suas texturas superficiais, para serem comparados os blocos da empresa A com os da empresa B. As figuras 26 e 27 demonstram os blocos das empresas.



Figura 26 – Textura superficial bloco vedação empresa A
Fonte: Autoria própria.



Figura 27 - Textura superficial bloco vedação empresa B
Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÃO

Com a análise dos resultados constatou-se que a empresa A usa um concreto com trabalhabilidade muito desfavorável, pois sua consistência foi descrita acima de extremamente seco, seu teor de umidade de 3,87% não se encontra dentro dos parâmetros de dosagem correto. A empresa B, por sua vez, utiliza um concreto um pouco mais adequado, haja vista que o experimento Vebe modificado resultou em um tempo de 76 segundos do concreto amostrado, porém seu teor de umidade de 4,24% não é propício, por isso os 76 segundos não se encaixam em um concreto descrito como extremamente seco.

Para obter os níveis de consistência prescritos pela ACI 211.3 nos concretos das duas empresas, foi necessário elevar o teor de umidade das amostras. No concreto da empresa A, foi necessário elevar o teor de umidade para 6,12%, já a empresa B, precisou-se de um teor de umidade de 5,73% a fim de atender os parâmetros mínimos da norma de referencia.

A empresa A adota uma proporção de agregado miúdo de 50% maior que a empresa B. A empresa B adota uma proporção de agregado graúdo 50% maior que a empresa A. A proporção de agregado entre as duas dosagens é de apenas 5,2% a mais para a empresa B. Conclui-se então que a superfície específica, e por consequência a demanda de água para lubrificação, do concreto adotado pela empresa A é bem mais elevada que o concreto da empresa B. Os experimentos realizados demonstram o acima descrito pelo maior tempo Vebe do concreto da empresa A. O elevado proporcionamento de agregados das misturas, aliado ao baixo teor de umidade foi o que conduziu a um tempo Vebe fora das especificações normativas.

Quanto ao aspecto visual dos blocos das empresas, verificou-se que a textura superficial do bloco da empresa A é mais porosa que o bloco da empresa B, essa grande porosidade pode gerar uma alta permeabilidade e assim exceder a passagem e a penetração da água pelas peças. Conclui-se então, que a trabalhabilidade do concreto utilizado na produção tem total ligação quanto a estes aspectos, pois os resultados do experimento Vebe

modificado, constatou uma dificuldade de compactação das amostras e que o teor de umidade da empresa A como é muito baixo, faz com que as peças produzidas se tornem mais porosas que os blocos da empresa B.

Os resultados quanto à trabalhabilidade dos concretos amostrados feitos com o experimento de Vebe modificado, mostraram que os níveis de trabalhabilidade das duas empresas devem ser melhorados. O tempo de compactação das amostras foi muito elevado, este tempo esta inteiramente ligada com a eficiência energética empregada para o adensamento das peças. Conclui-se que as misturas das empresas estão exigindo um tempo de vibração desnecessário das máquinas vibrocompressoras, acarretando danos e diminuindo a produtividade e o rendimento das empresas.

As duas empresas utilizam as máquinas vibrocompressoras há cerca de três anos. A empresa A tem um rendimento de 2500 a 3000 blocos de 140x190x390 mm por dia (8 horas de trabalho), porém segundo dados da Menegotti (Indústria de fabricação da vibroprensa empresa A), os estimativos de produção giram entorno de 3840 a 5480 peças. Já a empresa B produz de 3500 a 4000 blocos (140x190x390 mm), no entanto a Vibrafort (Indústria de fabricação da vibroprensa empresa B) apresenta em seu quadro estimativo de produção um rendimento de 4000 a 4500 blocos. Conclui-se então que o concreto da empresa A, pelo fato de ter uma trabalhabilidade inferior, exige das máquinas um tempo maior de vibração e de um elevado esforço de compressão, por isso haverá um desgaste da máquina no decorrer dos anos em seu processo de fabricação diminuindo por consequência a quantidade produtiva de peças diariamente.

Os resultados obtidos neste trabalho podem ajudar as empresas no sentido de melhorar a sua produtividade, espera-se que as empresas de blocos de concreto intensifiquem seus processos experimentas a respeito dos concretos utilizados em suas fabricações e que estas busquem, por meio do consistômetro de Vebe, uma forma de melhorar a trabalhabilidade de suas misturas, fazendo com que a produção e a qualidade das peças acabadas alcancem melhores níveis.

REFERÊNCIAS

American Concrete Institute – ACI 211.3 - **Prática Recomendada para a Seleção e Proporções De Concreto No – Slump**, 1975.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT; 1998, **NBR NM 67: Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone**.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT; 1990, **NBR 11686: Concreto Fresco – Determinação do teor de Ar pelo Método Pressométrico**.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT; 1996, **NBR 12655: Concreto Fresco – Preparo, controle e recebimento**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural** - Requisitos. Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT; 1984, **NBR 7212: Execução de Concreto Dosado em Central**.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT, **NBR 11768: Aditivos para Concreto de Cimento Portland**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutura** – Método de ensaio: Análise dimensional e determinação da absorção de água, da resistência à compressão e da retração por secagem. Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT, **NBR - 5733 - Cimento Portland com Alta Resistencia Inicial**.

American Society for Testing and Materials – ASTM, **C1170 - Métodos de teste padrão para Determinação da Consistência e Densidade de Concreto Compactado com Rolo Usando mesa vibratória**, 1991.

ABREU, I. B. “**Caracterizacion de Cenizas Volantes de Centrales Termoeléctricas de Carbón Brasilenãs. Utilizacion en la Ingeniería Civil y Sus Implicaciones Medio Ambientales**”. Tesis de doctoral – Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Escola Técnica Superior d’ enginyers de comins, canals i ports. Barcelona 1999. 255p.

ALVES, J.D. **Blocos pré-moldados de concreto**. Goiânia: Editora da UEG, 2004.

AÏTCIN, Pierre-Claude. **Concreto de Alto-desempenho**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2000.

BARBOSA, C.S. **Resistência e deformabilidade de blocos vazados de concreto e suas correlações com as propriedades mecânicas do material constituinte**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

BRESSON, J. **La Vibration dans les machines à blocs**. CERIB – Publication technique nº 58, Mars, 1981.

CANNON, R. W. – **“Compaction of Mass Concrete with Vibratory Roller”** – ACI Journal, Proceedings. Detroit – 1974.

CANNON, R. W. – **“Concrete Dam Construction Using Earth Compaction Methods”** – Economical Construction of Concrete Dams – Proceedings, Engineering Foundation Research Conference, Pacific Grove, California: ASCE – 1972.

COLUMBIA MACHINE, INC. **Instruction Manual**. Vancouver, 1969.

COUTINHO A. S. – **“FABRICO E PROPRIEDADES DO CONCRETO”**; Vol 2 - 1998.

DOWNSON, A. **Mix Design for Concrete Block Paving**. Procedures 1ª International Conference on CBP. 1980. P. 121-127.

EIGER, L. R. **A química a serviço da indústria de concretos pré-fabricados**. Disponível em: <<http://www.rheoset.com.br/tecnologia-em-aditivos-para-concreto.html>>. Acesso em: 05 Maio 2015.

FERNANDES, I. **Blocos e pavers: produção e controle de qualidade**. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais LTDA, 2008.

FERREIRA, S. J. **Produção de blocos de concreto para alvenaria – práticas recomendadas**. ABCP – Boletim Técnico 103. São Paulo, 3ª edição, 1995.

FRANCO, L.S et al. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de bloco de concreto autoclavados**: proposição do método construtivo POLI-SICAL. São Paulo. EPUSP-PCC, 1994.

FRASSON, A. J. **Metodologia de dosagem e processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2000. 162 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

HARTMANN, Carine T. HELENE, Paulo R. L. **Avaliação de aditivos superplastificantes base policarboxilatos destinados a concretos de cimento portland**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de

São Paulo. São Paulo, 2003.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: PINI, 1993.

HÜSKEN, G; BROUWERS, H. J. H. **A new mix design concept for Earth-moist concrete: A theoretical and experimental study**. Cement and Concrete Research, n. 38, p. 1246-1259, 2008.

JUVAS, K. **Very dry precasting. Special Concretes: Workability and Mixing, Proceeding of the International RILEM Workshop**. London, 1993. P. 153-168.

MARANGON, Ederli. **Desenvolvimento e caracterização de concretos auto-adensáveis reforçados com fibra de aço**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

MARCHAND, J.; HORNAIN, H.; DIAMOND, S.; PIGEON, M.; GUIRAUD, H. **The microstructure of dry concrete products**. Cement and Concrete Research, vol. 26, No. 3, p. 427-438, 1996.

MARCHIONI, M. L. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco para peças de concreto para pavimentação intertravada**. Ed. rev. São Paulo, 2012. 111p.

MARTINS, Roberta M. **Reologia de pasta de cimento com aditivos superplastificante e modificador de viscosidade**. 2011. Programa de Pós-Graduação em Materiais para Engenharia Civil, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.

MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. São Paulo, 1993. 449p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo, 1994.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Trad. Salvador. E. Giamusso. Ed. PINI, São Paulo, 1997.

NUNES, Sandra C. B. **Betão auto-compactável: Tecnologia e propriedades**. 2001. Dissertação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2001.

OLIVEIRA, A. L. **Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação**. 2004. 296 p. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PFEIFFENBERGER, L. E. **Aggregate graduations used for various products formed on the block machine.** Besser Block. Alpena, 1985.

PIOROTTI, J. L. **Pavimentação intertravada.** 2ª ed. Rio de Janeiro, Montana, 1989.

RODRIGUES, P. P. F. **Fabricação de blocos pré-moldados de concreto para pavimentação – Prática recomendada.** 2ª ed. São Paulo, ABCP, 1995, 15p.

TANGO, C. E. S. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais.** 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Florianópolis, Brazil, Aug. 21 – 24, 1994, p. 21 – 30.

TANGO, C.E.S. **Blocos de concreto: dosagem, produção e controle de qualidade.** 1 ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1984, v.1.

TUTIKIAN, Bernardo F. DAL MOLIN, Denise C. **Concreto auto-adensável.** 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.